

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: **Geografie**

Studijní obor: **Geografie a kartografie**



Jana Šmidtová

**TRENDY VE VÝVOJI ODTOKU A KVALITĚ POVRCHOVÉ VODY
V POVODÍ BLŠANKY**

**TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF RUNOFF AND SURFACE WATER QUALITY IN
THE BLŠANKA RIVER BASIN**

Bakalářská práce

Praha 2014

Vedoucí práce: **doc. RNDr. Zdeněk Kliment, CSc.**

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 22.5.2014

podpis

.....

Poděkování:

Na tomto místě bych v první řadě chtěla poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. RNDr. Z. Klimentovi, CSc. za jeho pomoc, ochotu a cenné rady. Dále děkuji své rodině za podporu po celou dobu mého studia. A všem přátelům, kteří mě při psaní této práce podporovali.

Zadání bakalářské práce

Název práce

Trendy ve vývoji odtoku a kvalitě povrchové vody v povodí Blšanky

Cíle práce

Cílem práce je zhodnotit trendy ve vývoji odtoku a vybraných ukazatelů kvality povrchové vody v povodí Blšanky na základě dlouhodobých časových řad měření.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Práce bude zahrnovat rešeršní a aplikační část. Rešeršní část bude zaměřena na problematiku hodnocení změn odtoku a vývoje kvality vody v návaznosti na očekávaný vývoj klimatu a změny ve využití území v celosvětovém a republikovém měřítku. Pozornost bude věnována zájmovému území povodí Blšanky a dosavadnímu stavu výzkumu. V aplikační části bude provedena analýza trendů odtoku, srážek a teploty vzduchu a analýza vývoje vybraných ukazatelů kvality vody s využitím údajů z dlouhodobých měření ČHMÚ vztažená k závěrovém profilu (profil 2170 Holedeč, resp. 2175 Stránky a jakostní profil Trnovany) a současně budou zhodnoceny změny ve využití území povodí Blšanky na základě vlastního průzkumu.

Datum zadání: 8.11.2013

Jméno studenta: Jana Šmidtová

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Zdeněk Kliment, CSc.

Podpis vedoucího práce:

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je analyzovat trendy ve vývoji odtoku a vybraných charakteristik kvality povrchové vody v povodí Blšanky. Práce obsahuje řešeršní a aplikační část. Řešerše odborné literatury je zaměřena na popis změn odtoku a kvality vody v závislosti na změnách ve využití půdy a změnách vývoje klimatu. V aplikační části práce jsou zpracována data z povodí Blšanky od konce 70. let 20. století až do současnosti. Pomocí Mann–Kendallova testu jsou vyhodnoceny trendy ve vývoji hodnot průměrných měsíčních průtoků, průměrných měsíčních teplot z klimatické stanice v Žatci a měsíčních úhrnů srážek ze čtyř stanic ležících na území povodí či v jeho blízkosti. V aplikační části je také nastíněn vývoj vybraných ukazatelů kvality vody z profilu v Trnovanech a zhodnocen vývoj změn ve využití půdy na části povodí Blšanky mezi lety 1995, 2004 a 2013.

Klíčová slova: změny odtoku, změny klimatu, kvalita vody, krajinný pokryv, Mann–Kendall, Blšanka

ABSTRACT

The aim of this Bachelor's thesis is to analyze trends in the development of runoff and selected features of surface water quality in the drainage basin of the Blšanka river. The thesis consists of a research part and a practical part. The research part examines scholarly literature and describes changes in the runoff and water quality depending on climate change as well as changes in the land use. The practical part processes the data from the Blšanka drainage basin from the end of the 1970s until today. The trends evaluated by the Mann-Kendall's test include the development of the average monthly flow rates, the average monthly temperatures from weather station in Žatec and the monthly amount of precipitation from the four stations situated in or near the area of the drainage basin. The practical part outlines the development of selected indicators of water quality in Trnovany. Next, it also evaluates changes in the land use in a specific part of the Blšanka drainage basin between the years 1995, 2004 and 2013.

Keywords: changes in runoff, climate change, water quality, land cover, Mann-Kendall, Blšanka

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. REŠERŠE ODBORNÉ LITERATURY.....	8
2.1. Odtok a jeho změny	8
2.2. Kvalita vody a její změny	11
2.3. Výzkum v povodí Blšanky.....	17
3. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	20
3.1. Fyzickogeografická charakteristika	21
3.2. Socioekonomická charakteristika	25
4. METODIKA A ZDROJE DAT.....	28
5. VÝSLEDKY.....	30
5.1. Trendy ve vývoji odtoku	30
5.2. Kvalita vody	32
5.3. Změny ve využití krajiny	40
6. DISKUZE.....	44
7. ZÁVĚR.....	46
 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	52
SEZNAM PŘÍLOH	53
PŘÍLOHY	54

1. ÚVOD

Vývoj odtokových poměrů a kvality vody v zemědělsky intenzivně využívaných povodích hraje významnou roli. Voda z toku je často využívána pro závlahy zemědělských ploch. Snižování průtoků by mohlo znamenat nedostatečné množství vody pro závlahy, což by mělo katastrofální dopad nejen na rostlinnou produkci v povodí. Tato práce je zaměřena na oblast povodí řeky Blšanky. Právě sucho v tomto povodí začíná být v posledních letech velkým problémem. Studie prováděná Výzkumným ústavem vodohospodářským upozornila na pokles odtokových výšek v letních měsících (Kašpárek, Mrkvičková 2008). V posledních letech se zde hodnoty průměrných denních průtoků často blížily nule (2001, 2003, 2004,...). Několikrát již dokonce došlo k úplnému vyschnutí koryta řeky, naposledy v roce 2007. Nedostatek povrchové vody zároveň také vede k zhoršení její kvality. Během takovýchto situací vodní tok není schopen plnit svou ekologickou funkci. Za hlavní příčinu změn odtokového režimu je považována klimatická změna spolu s lidskou činností na území povodí.

Cílem této práce je analyzovat trendy ve vývoji odtoku a vybraných charakteristik kvality povrchové vody v povodí Blšanky a zhodnotit tyto trendy v kontextu změn vývoje klimatu a využití půdy v daném povodí. Bakalářská práce se skládá ze tří hlavních částí. První částí je rešerše odborné literatury, která pojednává o vlivu rozdílných typů krajinného pokryvu a klimatické změny na odtok a kvalitu vody. Součástí je také souhrn dosavadních výzkumů prováděných v povodí Blšanky. Druhá část práce navazuje charakteristikou zájmové oblasti z fyzickogeografického i socioekonomického hlediska. Ve třetí části jsou popsány výsledky provedeného Mann–Kendallového testu. Také je zde zhodnocen vývoj vybraných ukazatelů kvality vody zhruba od poloviny 70. let 20. století do současnosti a vývoj krajinného pokryvu mezi lety 1995, 2004 a 2013.

2. REŠERŠE ODBORNÉ LITERATURY

2.1. Odtok a jeho změny

Změny v odtokovém režimu patří k významným procesům probíhajícím v krajině. Obzvláště v zemědělsky intenzivně využívané krajině je změna velmi patrná. Při zvýšení hladiny během povodňových událostí dochází k zaplavování obdělávané půdy. Takováto záplava může zničit celou úrodu. Zároveň při povodních dochází k vymývání a splachování hnojiv, pesticidů a živin. I opačný extrém, sucho, se v takovéto krajině velmi významně projeví. Nedostatek vody pro umělé závlahy orné půdy rovněž znamená ztrátu úrody.

Odtok můžeme podle Kříže (1983) rozdělit na povrchový, hypodermický a základní. Povrchovým odtokem voda odtéká po zemském povrchu. Při hypodermickém odtoku voda odtéká vrstvou pod povrchem, aniž by dosáhla hladiny podzemní vody. Základní odtok odvádí vody z pásma nasycení. Všechny tyto odtoky jsou ovlivňovány řadou činitelů. Způsob tvorby odtoku i jeho změnu ovlivňují procesy antropogenní či přírodní. Mezi antropogenní vlivy se řadí například změny hydrografické sítě, odvodnění či změny land cover. Do přírodních vlivů mohou být zahrnuty geomorfologické, geologické či klimatické podmínky dané oblasti aj.

Langhammer (2007) uvádí konkrétní příklady antropogenního ovlivnění v krajině, které hrají významnou roli v odtokovém procesu. Nejdůležitějšími z nich jsou:

- Zkrácení říční sítě a úpravy koryt toků
- Změny ve využití území, struktuře a kvalitě krajinného krytu
- Plošné odvodnění krajiny

Jedním z nejvýznamnějších zásahů člověka do krajiny z hlediska vlivu na odtokové procesy je úprava a zkrácení říční sítě. Mezi antropogenní úpravy koryta patří umělé zásahy do geometrie koryta nebo zpevnění břehů či dna cizorodým materiálem, spojené se změnou drsnosti omočeného obvodu. Tok s pozměněnou morfologií koryta je náchylnější k postranní erozi břehů. Se zvyšující se erozí také dochází k zvýšení exportu sedimentů. Břehy takto pozměněných koryt jsou náchylnější k suchu a záplavám (Brion 2008). Obecně nejvyšší míra upravenosti je na dolních úsecích toků v zemědělských oblastech s intenzivním osídlením. Důvodem pro úpravy koryt může být využití toků k dopravě, odvodnění zemědělských ploch či ochrana před povodněmi (Langhammer, Vajskebr 2003).

Také změny ve využití území, struktury a kvalitě krajinného krytu mají velký vliv na změny v odtoku. Různé typy pokryvu mohou skrze evapotranspiraci, intercepci, infiltraci, perkolaci a absorpci modifikovat vodní bilanci (LeBlanc a kol. 1997). Ze změn ve využití krajiny mají pro odtokový proces největší význam následující procesy (Langhammer 2007) :

- odlesnění krajiny
- intenzivní zemědělství
- urbanizace krajiny
- industrializace území

Funkce lesního porostu je závislá na jeho skladbě, stáří a zdravotním stavu (Hanzalová a kol. 2006). V důsledku odlesnění krajiny může docházet k snížení retence vody. Les má pozitivní vliv na transformaci povodňové vlny. Při odlesnění tedy dochází k zkrácení doby tvorby povodňové vlny a s tím souvisejícímu zvýšení kulminačního průtoku (Robinson a kol. 2003). Takovýto vliv odlesnění na odtok se nejvíce projevuje v horských a pramenných oblastech, kde hraje intercepce vegetace největší roli (Langhammer 2007). Blíže se dopadem managementu lesa na složky odtoku zabývá například Bent (2001). Ve své studii se zaměřuje na ovlivnění procesů odtoku těžbou dřeva či aplikací herbicidů na dvou povodích ve státu Massachusetts.

Význam přeměn krajiny na zemědělské plochy z hlediska vlivu na povrchový odtok se liší v závislosti na typu zemědělské plochy. Všeobecně dochází, podobně jako při odlesnění, k snížení schopnosti retence vody. Intenzivní zemědělství je často doprovázeno plošným odvodněním území. Vliv odvodnění na retenci vody může být rozdílný v závislosti na druhu použitého systému odvodnění. Při použití otevřených drenážních systémů dochází k urychlení povrchového odtoku. Naopak uzavřené systémy zvyšují infiltraci vody do půdy a tím povrchový odtok snižují (Langhammer 2007). V 70. a 80. letech 20. stol. docházelo k významné změně struktury zemědělské půdy. Tyto změny zahrnovaly především scelování pozemků a hydrotechnická opatření, jakými je například již zmíněné napřimování toků (Jeníček 2009). Takovýto rozpad mozaikového uspořádání krajiny zajistil povrchovému odtoku možnost zrychlení, neboť se scelením pozemků byly odstraněny překážky a přirozené retardační pásy, které odtok zpomalovaly a napomáhaly vyšší a rychlejší retenci vody do krajiny (Langhammer 2007). Celkové navýšení a menší vyrovnanost odtoku ze zemědělsky obhospodařovaných ploch potvrzují ve svých studiích například Föhrer a kol. (2001) či Robinson a kol. (2003).

Nejintenzivnější formu přeměny přirozené krajiny a zároveň největší ovlivnění povrchového odtoku představuje přeměna krajiny během urbanizace a industrializace. Tyto změny zásadně snižují retenční schopnost krajiny. Jak uvádí Davis (2003) ve své práci, nárůst nepropustných ploch během urbanizace způsobuje v povodí zvýšení objemu povrchového odtoku. Pevné povrchy tento odtok svádí do kanálů, které mají zajistit rychlejší odtok vody během událostí s velkou intenzitou a velkými úhrny srážek. Toto pozměnění hydrologických zákonitostí vede ke zkrácení doby doběhu povodně, zvýšení rychlosti proudění v korytě toku, ke strmějšímu tvaru čela povodňové vlny, ke zkrácení celkového času postupu povodňové vlny a ke zvýšení dosažených výšek hladin vody při kulminaci (Brion 2008). To, že urbánní využití půdy má největší vliv na kvalitu vody, ve své práci potvrzuje také například Sliva, Williams (2001), či Wang (2001).

Mezi přírodní faktory ovlivňující změny odtoku se řadí především klima. Na skutečnost, že změna klimatu zapříčiňuje změny v odtoku, poukazuje řada studií (Schulze 2000; Huang a Zhang 2004; Brown a kol. 2005; Ramankutty a kol. 2006). Změny klimatu se však v různých místech projevují rozdílně, proto je nutné zkoumat projevy těchto změn v lokálním měřítku (Liu 2010). Jak uvádí Hanel a kol. (2011) ve studii Výzkumného vodohospodářského ústavu T.G. Masaryka v Praze, v České republice je změna klimatu, jež ovlivňuje hydrologický režim, pozorována již řadu let. Jedná se především o zvyšování průměrných teplot vzduchu. S rostoucí teplotou vzduchu roste také potenciální evapotranspirace, v ročním průměru řádově o 5 – 10 %. Zvyšující se teplota vzduchu tedy zapříčiňuje rychlejší úbytek vody z povodí. Na většině území ČR je zvyšování odvodu vody evapotranspirací kompenzováno navyšující se průměrnou hodnotou srážek. Toto však neplatí pro povodí v oblasti středních Čech, včetně povodí Blšanky. Růst průměrného úhrnu srážek v této oblasti nedosahuje takových hodnot, aby zvyšující se evapotranspiraci mohl kompenzovat, nebo dokonce dochází k poklesu průměrného úhrnu srážek. V povodích této oblasti lze již nyní pozorovat akutní nedostatek vodních zdrojů v některých letech (Hanel a kol. 2011).

Zásadní roli při doplňování zásob vody hraje také intenzita srážek. Při nízkém úhrnu srážek dochází k rychlému odpaření srážek s povrchu, a ty tak nestačí doplnit zásoby vody v povodí. Naopak příliš intenzivní srážky, při nichž je překročena infiltrační kapacita půdy, rychle odtékají do recipientu a rovněž nepřispějí k doplnění vodních zásob.

Podle odhadu dopadu klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR průměrné teploty v České republice nadále porostou. Podle klimatických modelů dojde ke změně sezonního rozložení srážek. V létě tak lze očekávat stagnaci či pokles srážkových úhrnů

spojených s poklesem zásob vody v povodí. Tato studie dopadu klimatické změny na hydrologickou bilanci také předpovídá růst počtu extrémních jevů, jakými jsou například přivalové srážky, povodně a zejména období sucha. Pomocí regionálních klimatických modelů také byly určeny průměrné změny odtoku. Podle této předpovědi může docházet k růstu odtoků v zimním období. Nárůst průtoků v zimním období je podmíněn rostoucí teplotou, která ovlivňuje tání sněhu, což je další důležitý faktor ovlivňující změny v odtoku. Naopak na jaře, v létě i na podzim bude docházet k snižování průtoků. Studie také upozorňuje na velkou pravděpodobnost snižování zásoby podzemní vody v následujících letech (Hanel a kol. 2011).

K podobným výsledkům došli také Kašpárek a Mrkvičková (2008) ve studii potřeb vody pro povodí vodních toků Blšanka a Liboc. Ve své práci uvádějí, že klimatické změny povedou k prohlubování extrémů. Lze očekávat další snižování odtoku z povodí a prodlužování málovodných období. Celkový srážkový úhrn by se neměl příliš měnit, podle nejpesimističtějších prognóz by mělo dojít k snížení úhrnu srážek o 4 %. Scénáře však předpovídají významný nárůst roční hodnoty územního výparu, a to až o 9 %. Navíc v oblasti povodí Blšanky hraje velkou roli odběr vod pro závlahy zemědělských ploch. Budou-li tyto změny klimatu nadále pokračovat při stávající struktuře pěstovaných plodin, bude nutno odběry pro závlahy navýšit (Kašpárek, Mrkvičková 2008).

2.2. Kvalita vody a její změny

Voda je nedílnou součástí života veškerých organismů na Zemi. Její dostatek není důležitý pouze z hlediska kvantity, ale také z hlediska kvality. Různé organismy ke svému životu vyžadují rozdílnou kvalitu vody. Některé druhy se spokojí s méně kvalitní vodou, jiné druhy jsou na čisté vodě existenčně závislé (např. rak říční). Právě takovéto druhy mohou sloužit jako indikátory kvality vody. Voda je nezbytná také pro člověka. Ten ji využívá nejen pro pitné účely, ale také v zemědělství, průmyslu, energetice a mnoha dalších oborech. Každý z těchto směrů vyžaduje pro svůj provoz specifickou kvalitu vody. Využití vody člověkem však ve většině případů její kvalitu zhoršuje. Ke zhoršování kvality vody tedy může docházet lidskou činností. Velký vliv na kvalitu vod však mají také přírodní podmínky a procesy: klimatické podmínky, složení geologických vrstev, aj. (Bumerl 2003). Tyto přírodní faktory vytvářejí tzv. pozadíové znečištění (Langhammer 2002).

Míru znečištění vody můžeme hodnotit dvěma základními přístupy, tj. přístupem biologickým či přístupem analytickým (Langhammer 2002). Biologické hodnocení kvality vody, jak uvádí Lellák a Kubíček (1992) se odvozuje od přítomnosti organismů, jejichž výskyt odráží stav a změny kvality vody. Mobilita těchto organismů zajišťuje, že se stav kvality vody nevztahuje pouze na pozorovanou lokalitu, ale na větší úsek toku. Zároveň takovéto hodnocení odráží dlouhodobější stav kvality vody, protože změny v zastoupení organismů trvají déle než změna chemismu vody (Langhammer 2002). Analytický přístup spočívá ve stanovení fyzikálně-chemických vlastností vody. Stanovuje se při něm míra přítomnosti stanovených látek v dané lokalitě a čase (Pitter 1999). Analytickým přístupem se stanoví přesné množství znečišťujících látek. Ale právě vazba na danou lokalitu a čas může být nevýhodou, neboť v průběhu toku a času se kvalita mění. Problémem tohoto přístupu je také fakt, že výběr sledovaných ukazatelů nemusí obsahovat všechny látky, které daný tok znečišťují (Langhammer 2002).

Stanovením fyzikálně-chemických vlastností vody a míry obsahu vybraných látek lze zhodnotit její jakost. Klasifikaci jakosti povrchových vod pro Českou republiku stanovuje norma ČSN 757221. Jakost povrchových vod se dělí do pěti tříd. Díky této klasifikaci lze sledovat vývoj toku v čase a také porovnávat jakosti jednotlivých toků mezi sebou. Klasifikace se provádí na základě hodnot vybraných ukazatelů. Ukazatele kvality se třídí do šesti skupin (ČSN 757221), jak uvádí tabulka 1.

Tabulka 1: Ukazatele kvality vody

Označení	Skupina ukazatelů	Příklady ukazatelů
A	kyslíkového režimu	rozpuštěný kyslík, BSK ₅ , CHSK _{Cr} , organický uhlík,...
B	základní chemické a fyzikální	pH, teplota, rozpuštěné látky, nerozpuštěné látky, amoniakální dusík, dusičnanový dusík, veškerý fosfor,...
C	doplňující chemické	vápník, hořčík, chloridy, sírany,...
D	těžké kovy	rtuť, olovo, kadmium, zinek, nikl,...
E	biologické a mikrobiologické	saprobní index, (fekální) koliformní bakterie,...
F	radioaktivity	celková objemová aktivita alfa a beta, uran,...

Biologická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK₅) udává množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného k biochemické oxidaci látek ve vodě za dobu 5 dnů při teplotě 20°C. Díky tomuto ukazateli lze určit celkový obsah biologicky rozložitelných organických látek ve vodě (Pitter 1999). Vyšší hodnoty BSK₅ ukazují především na bodové zdroje znečištění vod.

Znečištění může pocházet ze splaškových odpadních vod a kanalizací, ale také například ze živočišné zemědělské výroby. Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) je ukazatelem veškerého organického znečištění. V tomto případě nezáleží na tom, zda jde o látky biologicky rozložitelné či nikoliv. Zvýšené hodnoty CHSK jsou především důsledkem znečištění z oblasti průmyslu či komunálního znečištění. Průmyslové odpadní vody často obsahují rezistentní organické látky. Komunální vody obsahují kromě biochemicky rozložitelných látek také specifické organické látky jako tensidy, detergenty, ropné látky aj. Podle poměru biologické a chemické spotřeby kyslíku lze tedy určit převládající zdroj znečištění. V některých případech lze dokonce určit druh výroby, který znečištění podmiňuje (Langhammer 2002). Amoniakální dusík (N-NH_4^+) se ve vodách vyskytuje jak v důsledku antropogenního znečištění (především z komunálních a průmyslových bodových zdrojů), tak v důsledku atmosférické depozice. Zvýšené hodnoty amoniakálního dusíku mohou indikovat znečištění fekálními odpady. Koncentrace tohoto ukazatele jsou závislé na vodnosti toku. Při větších průtocích dochází k naředění a tedy snížení koncentrací, naopak při nižších průtocích se koncentrace zvyšují. V povrchových vodách se většinou N-NH_4^+ vyskytuje v menší míře, neboť během nitrifikace dochází k přeměně amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany. Dusičnanový dusík (N-NO_3) je konečným produktem rozkladu organických látek v prostředí obsahující kyslík. Maximální koncentrace se vyskytují v zimním období, kdy jsou dusičnany jen velmi slabě zadržovány v půdě. Naopak nejnižších koncentrací dosahují v letním období, kdy jsou z půdy odčerpávány vegetací (Pitter 1999). Stejně nezbytný pro růst rostlin jako sloučeniny dusíku jsou sloučeniny fosforu. I nadměrné množství fosforu tedy podněcuje růst řas a sinic. Fosfor se ve vodách vyskytuje ve formě organických i anorganických sloučenin. Mezi hlavní ukazatele kvality vody patří fosforečnany a celkový fosfor. Fosforečnany se do toků dostávají především plošným splachem umělých hnojiv. Organický fosfor pochází z fekálních odpadů živočišné výroby a sídel. Celkovou zátěž toku cizorodými látkami vyjadřuje množství obsahu rozpuštěných a nerozpuštěných látek. Zvýšené hodnoty ukazují na znečištění vody, nelze z nich však určit zdroj znečištění. Stanovení obsahu rozpuštěných a nerozpuštěných látek je důležité pro využití vody například pro závlahy či průmysl (Langhammer 2002).

Žádná voda vyskytující se v přírodě není čistá, bez jakýchkoliv příměsí. Některé látky se do vody dostanou již v atmosféře, většina se však do vody uvolní až při styku s půdou, minerály a horninami (Pitter 1999). Po dopadu srážky na území povodí se srážka vsákne nebo postupným soustředěním začne vytvářet odtok, který nakonec končí v recipientu. Při soustředěním odtoku však sbírá a unáší s sebou materiály a rezidua z povrchů, jimiž protéká.

Odtok z různých typů krajinného pokryvu unáší rozdílné kontaminanty (Tong, Chen 2002). Další látky se do povrchových vod dostávají odpadními vodami vypouštěnými přímo do toku (Kaiglová 2010). Zdroje znečištění se podle charakteru transportu znečišťující látky mohou dělit do 3 skupin, a to na zdroje bodové, difúzní a plošné¹ (Langhammer 2002). Bodovými zdroji jsou místa, ve kterých dochází k vypouštění znečištění přímo do toku. Jedná se především o odpadní vody sídel, průmyslových podniků a energetických závodů. Do kategorie difúzních zdrojů můžeme zařadit drobné rozptýlené bodové zdroje. Podle Langhammera (2006) se tyto zdroje v mikroměřítku chovají jako zdroje bodové, v makroměřítku jako zdroje plošné. Na mezoúrovni se odlišují jak od bodových, tak od plošných zdrojů. Z toho důvodu tvoří svoji vlastní kategorii. Difúzními zdroji jsou nejčastěji prostorově rozptýlené odpadní vody z živočišné výroby (chov hovězího dobytka, prasat a drůbeže). Za plošné zdroje znečištění je považován splach a smyv znečišťujících látek z plochy povodí. Mezi hlavní zdroje plošného znečištění patří rostlinná výroba, při níž dochází k smyvu hnojiv a pesticidů a také k odnosu látek v důsledku zvýšené eroze. Za zdroj plošného znečištění je považována také atmosférická depozice (Langhammer 2002). Podle Plánu oblasti povodí Ohře a dolního Labe v povodí Blšanky převažuje právě znečištění plošné (Povodí Ohře, státní podnik 2009).

Způsob využití půdy v povodí se významně podílí na kvalitě vody. Jak uvádí Baker (2003), vztah mezi land use a kvalitou vody je velice komplexní. Vliv land use na kvalitu vody byl zkoumán již v mnoha případových studiích. Jednotliví autoři nahlíží na tento problém z různých úhlů pohledu. Zřejmě nejvíce studií je zaměřeno na zkoumání vlivu zemědělského využití půdy na kvalitu vody. Tomuto problému se věnují například Jones, Heathwaite (1997) či Parry (1998). Žádná konkrétní korelace pozorovaná na jednom povodí však nemůže být zevšeobecněna. Tato korelace platí pouze pro dané místo či region. Nicméně lze pozorovat některá všeobecnější pravidla v působení určitých typů krajinného pokryvu na kvalitu vody (Baker 2003). Například rozbor kvality vod, do kterých se dostávají vody z urbánních ploch, často vykazují vyšší koncentrace chloridů (Baker 2003) a těžkých kovů (Tong, Chen 2002). Tyto vyšší koncentrace se projevují především při intenzivních deštích či po dlouho trvajícím období beze srážek (Brion 2008). Lidská sídla jsou v plánech oblasti povodí označena za největší producenty znečištění biogenními prvky. Znečištění se dostává do toků stokovými systémy i čistírnami odpadních vod. Studie porovnávající jednotlivé typy využití území v povodí určily, že urbanizovaná povodí mají největší koncentraci nerozpuštěných látek. Také zemědělská činnost na území povodí může produkovat velké

¹ V anglosaské literatuře (především v USA) se zdroje dělí pouze na bodové a nebodové. (Ritter, Shirmohammadi, 2001)

množství nebezpečných látek, které se pomocí splachů dostávají do hlavního recipientu. Nejčastější znečišťující látky pocházející ze zemědělství jsou sloučeniny dusíku a fosforu, dále některé těžké kovy, pesticidy a organické sloučeniny. Hlavními zdroji znečištění jsou průmyslová hnojiva, močůvka, odpadní vody ze zemědělských provozů a další (Tlapák a kol. 1992). Naopak vliv přirozeného lesa na zhoršování kvality vody nebyl prokázán (Baker 2003). Způsob využití půdy v jednotlivých povodích je však většinou značně diverzifikovaný. Vedle sebe se vyskytuje několik druhů krajinného pokryvu a každý jeho typ je v povodí zastoupen rozdílnou rozlohou. Každý typ krajinného pokryvu má tedy rozdílnou váhu vlivu na kvalitu vody. Baker (2003) uvádí, že pokud je plocha urbánních ploch v povodí zastoupena více než zhruba 5 %, pak má urbánní využití krajiny dominantní vliv na kvalitu vody oproti zemědělskému využití krajiny.

Jak již bylo zmíněno, potenciálním vlivem změn land use na změny v hydrologické bilanci se zabývá mnoho studií. Oproti tomu je studii změn kvality vody v závislosti na změně klimatu věnováno relativně málo pozornosti. Zásadními klimatickými faktory ovlivňujícími kvalitu vod jsou teplota a srážky. Klimatické modely předpovídají v následujících letech růst průměrných teplot vzduchu. Hodnota průměrných hodnot teplot vzduchu úzce souvisí s teplotami povrchových vod. Za posledních 100 let došlo k navýšení teplot ve velkých evropských řekách, jakými jsou například Rýn či Dunaj, v průměru o 1-3°C (EEA 2007). Zvyšování teplot vod má výrazný vliv na rychlost chemických reakcí a bakteriálních procesů probíhajících právě v povrchových vodách. Jak uvádí Langhammer (2002) „*Klíčová role teploty vody v rámci procesů změn kvality vody spočívá v regulaci intenzity biochemických procesů, probíhajících v tocích.*“ Ve vodách zemědělských oblastí se vyskytuje mnoho živin. Při nárůstu teplot dochází k přemnožení planktonu, sinic a řas. V důsledku tohoto přemnožení je rozpuštěný kyslík ve vodě spotřebováván mnohonásobně rychleji. Na obsahu dostatečného množství rozpuštěného kyslíku ve vodě jsou závislé ryby i další vodní organismy. Při vzniku kyslíkového deficitu tak ve vodě dochází k úhynu těchto organismů. Dalším důsledkem nedostatku rozpuštěného kyslíku ve vodě je také zastavení procesů přirozeného odbourávání znečištění (Langhammer 2002).

Předpovídaným důsledkem zvyšování průměrných teplot je také pokles průměrných průtoků ve vodních tocích. Při sníženém množství vody se budou zvyšovat koncentrace kontaminantů ve vodě, neboť snížení průtoku znamená menší objem vody pro naředění znečištění. Z toho důvodu bude docházet k zvyšování koncentrací znečišťujících látek pocházejících z bodového znečištění především v oblastech dolních toků. Se snížením

průtoku se také sníží rychlost vody v toku. Snížení rychlosti, obzvláště za současného zvyšování teploty vody, rovněž umožní intenzivnější růst řas a sinic (Whitehead a kol. 2009).

Změny v množství srážek a obzvláště změny v jejich extremitě není tak jednoduché předpovědět. Z toho důvodu je těžké předpovídat, jaký vliv budou mít na kvalitu vody v budoucnu. Všeobecně se však předpokládá zvýšení extrémních projevů odtoku. Různé klimatické scénáře předpovídají častější výskyt období such střídaných s bleskovými povodněmi. Podle Hanel a kol. (2011) poroste intenzita srážek dopadajících na naše území. S rostoucí intenzitou srážek, obzvláště pokud se vyskytnou po dlouho trvajícím období sucha, dojde k zvýšení eroze půdy a spolu s ní k odnosu znečišťujících látek a živin do toků. Při zvýšené erozi půdy a sedimentů může dojít k remobilizaci kovů a perzistentních organických sloučenin. Na druhou stranu takovéto náhlé navýšení průtoků podle Whitehead a kol. (2009) zajišťuje splach řas a sinic z koryt toků.

Další problémy způsobené změnou klimatu budou nastávat v městských oblastech. Problémy nastanou především v zásobování obyvatel pitnou vodou. Potenciální dopad na kvalitu vody pocházející z městských ploch budou mít především změny v intenzitě krátkodobých srážek. Navýšení intenzity nebudou schopny v některých případech současné kanalizační systémy odvést. Velké množství splaškových vod se tak dostane do toku bez přečištění v čistírně odpadních vod (Whitehead a kol. 2009).

Trendy ve vývoji kvality vody

Kvalita vody v řekách je ovlivňována vývojem společnosti. Je závislá na jejím hospodářském vývoji a zároveň na citlivosti k životnímu prostředí (Langhammer 2013). První výrazné znečištění vod přišlo s průmyslovou revolucí. Velmi známý příklad tehdejšího znečištění vod pochází z Londýna, kde se kontaminovanou vodou šířila řada nemocí jako například cholera. V České republice se poměrně dobrá kvalita vod udržela až do konce 2. světové války. Po jejím skončení však nastal v našich zemích masivní rozvoj těžkého průmyslu. Během následujících let se z většiny našich toků staly stoky obsahující řadu nebezpečných látek. Podobný trend ve vývoji kvality vody se vyskytoval v téměř celém vyspělém světě (Langhammer 2013). Na přelomu 60. a 70. let 20. stol. si společnost začala uvědomovat závažnost situace a do popředí se postupně začaly dostávat otázky životního prostředí. Začala vznikat legislativa omezující vypouštění znečištění do vodních toků (Ahuja 2013). Nárůst průmyslové a zemědělské produkce však byl v tehdejší Československu upřednostňován,

proto bylo uděleno mnoho výjimek ze zákona, zejména v oblasti vypouštění odpadních vod (CENIA 2005). Až do 90. let 20.stol. dosahovalo znečištění povrchových vod velmi znepokojivých hodnot. Většina vodních toků spadala do kategorie silně až velmi silně znečištěná voda. Teprve v roce 1990 vláda rozhodla o zrušení veškerých výjimek. Toto rozhodnutí spolu s útlumem průmyslové výroby v ČR vedlo k výraznému snižování znečištění a zvyšování kvality vod na výrazném počtu vodních toků. Tento trend potvrzuje také vývoj ukazatelů BSK₅ a CHSK_{Cr} (CENIA 2005). Na pozitivní vývoj kvality vody po revoluci měla kromě restrukturalizace hospodářství vliv také výstavba nových čistíren odpadních vod (ČOV) a intenzifikace již stávajících (CENIA 2005). Problémem ovšem nadále zůstává bodové znečištění. Malé obce, lokální průmyslové závody i zemědělci díky nedostatku financí neinvestují do čištění odpadních vod a kvalita drobných toků tak dlouhodobě stagnuje a v některých oblastech dokonce dochází k zhoršení (Langhammer 2013).

2.3. Výzkum v povodí Blšanky

Na území povodí Blšanky již bylo prováděno několik výzkumů a studií. V rámci různých interních grantů Katedry fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy (KFGG PřF UK) bylo vypracováno několik bakalářských a diplomových prací. První z grantů byl udělen na projekt č.121/94 - *Změny erozních podmínek v území způsobené socialistickým zemědělstvím na příkladu Blšanky*. Právě v rámci tohoto projektu bylo vypracováno nejvíce studentských prací. Bakalářské a diplomové práce Z. Csonthó, P. Prášila, E. Bradové, R. Čekala, P. Šáry, M. Svitákové, Z. Gabrielové a E. Strakové obsahují výzkumy a shrnutí poznatků především z fyzickogeografické sféry povodí Blšanky.

Jedním z prvních studentů zabývajících se tímto povodím byl P. Prášil, který v rámci své bakalářské práce vypracoval tematické mapy povodí Blšanky. Konkrétně se zaměřil na tvorbu map reliéfu, geologických a půdních podmínek. Diplomovou prací navázal na svůj výzkum zhodnocením erozních podmínek v povodí (Prášil 1996). Také Z. Csonthó (1995) a E. Bradová (1996) se zabývali erozí v povodí Blšanky. Z. Csonthó se věnoval změnám erozních podmínek vlivem kolektivizace zemědělství v povodí Černockého potoka a E. Bradová zkoumala změny erozních podmínek v povodí Mlýneckého potoka. Cílem diplomové práce P. Šáry (1997) bylo nastínit vývoj říční sítě Blšanky a analyzovat vývoj a

současný stav úprav v povodí. R. Čekal (1997) ve svých závěrečných pracích poskytl základní charakteristiku odtokových poměrů v povodí. Zhodnotil a porovnal hydrologické poměry povodí Blšanky za dvě období: 1905–1970 a 1969–1995. Čekal také provedl vyhodnocení srážko-odtokových poměrů povodí na základě podrobného zpracování chodu srážek a režimu průtoků za sledované období 1969–1994. Rovněž Z. Gabrielová (1998) řešila svou diplomovou práci v rámci projektu změn erozních podmínek v povodí Blšanky. Cílem její práce bylo zhodnotit režim plavenin a provést jejich celkovou bilanci. V práci se zaměřila především na vztahy mezi plaveninami, odtokovými a srážkovými poměry ve třech hydrologických letech (1995–1997). V rámci této práce bylo zřízeno pravidelné pozorování plavenin na řece Blšance. M. Svitáková (1999) analyzovala vývoj a současný stav kvality povrchové vody v povodí Blšanky s ohledem na všechny složky krajinné sféry. Provedla rozbor dlouhodobého vývoje kvality vody. Části toků zařadila do tříd kvality vody podle ČNS 757221. Největším problémem povodí se ukázalo být znečištění nerozpustnými látkami a fosforem na profilu v Trnovanech a také specifické znečištění těžkými kovy. M. Svitáková v roce 1995 zahájila pozorování kvality vody na 8 profilech Blšanky a jejích přítoků. Tato měření v rámci KFGG PřF UK probíhají dodnes. E. Straková (1999) charakterizovala srážkové poměry v povodí s využitím údajů o srážkových úhrnech z období 1961–1998. Provedla rovněž rozbor přívalových dešťů na základě zpracování záznamů denních průběhů jednotlivých srážkových epizod, které následně využila při výpočtu faktoru erozní účinnosti přívalového deště. Závěrečná zpráva projektu *Změny erozních podmínek v území způsobené socialistickým zemědělstvím na příkladu Blšanky* byla publikována Z. Klimentem (1997).

Mezi lety 2000 a 2002 byl řešen další projekt týkající se povodí Blšanky. Projekt s názvem *Dynamika plošného odnosu látek z povodí v geograficky odlišných podmínkách České republiky* porovnával povodí Blšanky s dalšími třemi povodími (Loučka, Lužická Nisa, Olšava). Závěrečná zpráva byla vydána v roce 2003 (Kliment, Langhammer, Jurčák 2003).

V období od roku 2004 do roku 2007 probíhal mezinárodní projekt COST 634 *On- and Off-site Environmental Impacts of Runoff and Erosion*. Jeho součástí byly projekty *Modelování plošných zdrojů znečištění v podmínkách měnícího se využití území* a *Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn a evropské integrace*. Pod záštitou projektu COST 634 řešil svou diplomovou práci J. Kadlec (2007). Cílem jeho práce byla aplikace simulačních modelů erozních procesů AnnAGNPS a SWAT. Později byl spoluautorem článku *Evaluation of suspended load changes using AnnAGNPS and SWAT semi-empirical erosion models* vydaném v časopise Catena (Kliment, Kadlec, Langhammer 2008).

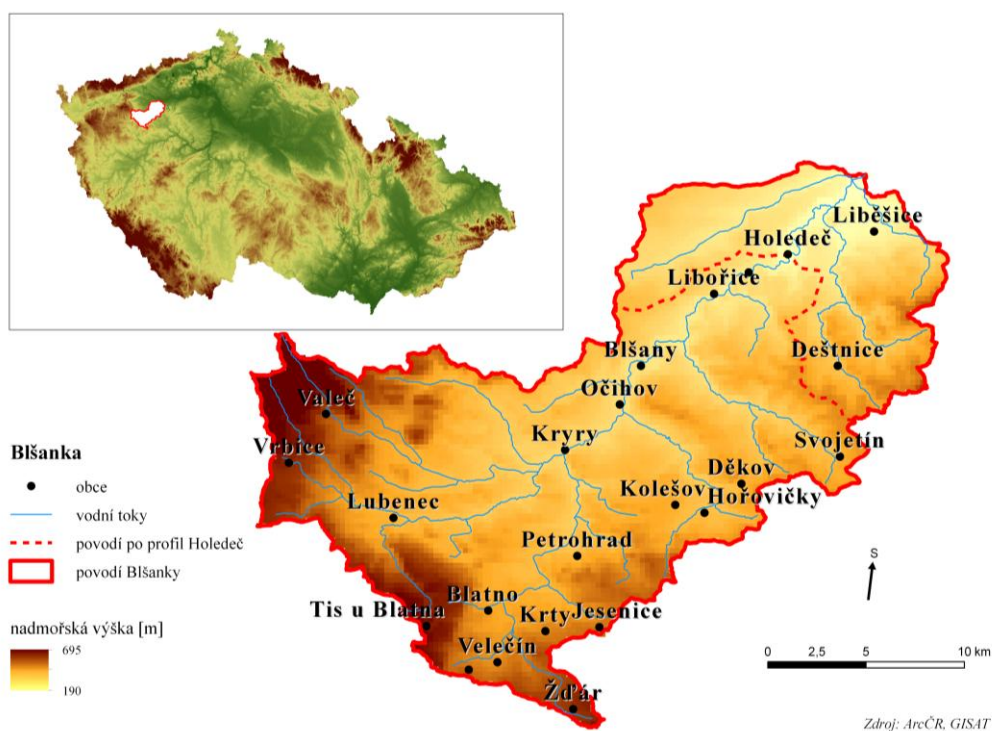
Mezi lety 2005 a 2011 byl na Přírodovědecké fakultě řešen projekt podporovaný grantovou agenturou UK *Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn a evropské integrace*. V rámci tohoto projektu byla zkoumána změna kvality vody na třech různých povodích (Blšanka, Loučka, Olšava). Výsledky výzkumu byly prezentovány v časopisu *Ekológia* pod názvem *Water quality changes in selected rural catchments in the Czech republic*. (Langhammer, Kliment 2009).

Výzkumy týkající se povodí Blšanky neprobíhaly pouze v rámci Přírodovědecké fakulty UK. Povodím Blšanky z hlediska možnosti renaturace se v diplomové práci zabýval Z. Kadlec (2012) z České zemědělské univerzity (ČZU) v Praze. Další student ČZU v Praze, V. Moravec (2013), zpracoval bakalářskou práci s názvem *Vliv sucha na zemědělské výnosy ve vybraném regionu povodí řeky Ohře*. V této práci vypočítal indexy agronomického sucha právě v povodí Blšanky. Suchu v povodí Blšanky se věnoval také Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. V roce 2008 vydal závěrečnou zprávu týkající se studie potřeb vody pro povodí vodních toků Blšanka a Liboc. Z této studie vyplynulo, že hydrologické poměry v povodí Blšanky jsou již do jisté míry ovlivněny dopady klimatické změny. Mezi zkoumanými obdobími (1969-1990 a 1991-2006) došlo k nárůstu teplot vzduchu a k výraznému snížení odtokové výšky. Podle autorů studie se budou v následujících letech odtokové výšky nadále snižovat (Kašpárek, Mrkvičková 2008).

3. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Povodí řeky Blšanky se nachází v severozápadních Čechách v podhůří Krušných hor. Blšanka je podle Graveliovy klasifikace řekou III. řádu. Jedná se o významný pravostranný přítok Ohře. Povodí Blšanky se rozprostírá na 482,5 km². Pramen řeky se nachází na jihovýchodních svazích Doupovských hor (viz obrázek 1) v nadmořské výšce 685 m n. m. Odtud teče jihovýchodním směrem až k obci Lubenec, kde se začíná stáčet k východu a dále pokračuje severovýchodním směrem až za obec Trnovany, zde se v nadmořské výšce 190 m n. m. vlévá právě do Ohře. Délka řeky Blšanky, od pramene v Doupovských horách po soutok s Ohří, je 49,1 km. Postupně během svého toku přibírá několik dalších říček a potoků. Největšími levostrannými přítoky jsou Mlýnecký potok, Podhora a Radíčevská strouha. Mezi největší pravostranné přítoky se řadí potoky Podvinecký, Očihovecký, Černocký a Klučecký.

Z hlediska administrativního členění povodí zasahuje do 4 krajů. Největší část se rozprostírá na území Ústeckého kraje, v okrese Louny. Pramenná oblast Blšanky se nachází v Karlovarském kraji. Svou jižní částí povodí zasahuje do kraje Plzeňského a jihovýchodní část povodí se rozprostírá v kraji Středočeském.



Obrázek 1: Geografická poloha a výškové poměry povodí Blšanky

3.1 Fyzickogeografická charakteristika

Geomorfologické poměry

Z geomorfologického hlediska náleží povodí Blšanky do provincie České vysočiny. Území, na kterém se povodí Blšanky rozkládá, se dělí do tří geomorfologických subprovincií: Krušnohorská, Poberounská a České tabule.

Podle Balatka, Kalvoda (2006) z Krušnohorské subprovincie do povodí zasahuje Podkrušnohorská oblast, konkrétně celek Mostecká pánev se svým podcelkem Žatecká pánev. Žatecká pánev je tvořena především neogenním a pleistocenním sprašovým pokryvem. Na většině jejího území převládá akumulární reliéf, méně je zastoupen erozně denudační reliéf říčních teras a údolních niv (Straková 1999). Západně od Mostecké pánve se nachází druhý celek Podkrušnohorské oblasti zasahující do povodí - Doupovské hory (Balatka, Kalvoda 2006). Doupovské hory jsou pramennou oblastí Blšanky a zároveň se zde nachází nejvyšší bod povodí – Pilíř (760 m n. m.). Doupovské hory jsou tvořeny třetihorními sopečnými materiály, jedná se totiž o zbytky rozsáhlého třetihorního stratovulkánu. Geomorfologický celek Doupovské hory se na území povodí dělí do okrsků Hradišťská hornatina a Rohozecká vrchovina.

Druhá část povodí spadá do Poberounské subprovincie, oblasti Plzeňské pahorkatiny. Z oblasti Plzeňské pahorkatiny na území povodí Blšanky zasahuje pouze celek Rakovnická pahorkatina. Ta se na území povodí dále dělí na dva podcelky: Kněževeská a Žihelská pahorkatina (Balatka, Kalvoda 2006). Kněževeská pahorkatina je strukturně tektonickou sníženinou mezi Džbánem, Doupovskými horami a Žihelskou pahorkatinou. Žihelská pahorkatina zahrnuje dvě kerné pahorkatiny: Rabštejnskou a Petrohradskou, s erozně denudačním zarovnaným povrchem. Obě pahorkatiny jsou od sebe odděleny úzkou tektonickou sníženinou, Žihelskou brázdou. Charakteristické jsou výrazné okrajové zlomové svahy a tvary zvětrávání a odnosu žulových hornin (Demek a kol. 1987).

Třetí subprovincií zasahující do povodí Blšanky je již zmíněná Středočeská tabule. Do povodí zasahuje pouze malou částí nedaleko ústí Blšanky do Ohře. Konkrétně se zde nachází oblast Dolnooharské tabule, celek Hazmburská tabule.

Z hlediska členitosti v oblasti povodí převažují kategorie sklonů 2-5° a 5-10°. Nižší sklony (pod 2°) jsou zastoupeny především v údolních nivách a v okolí Blatna, Vrutku a

mezi obcemi Strojetic a Kolečov. Naopak největších sklonů je dosaženo v pramenné oblasti na svazích Doupovských hor (Prášil 1996).

Geologické poměry

Geologické podloží v této oblasti je tvořeno především sedimenty mladších prvohor (karbon, perm) a druhohor (svrchní křída).

Pramennou oblast v Doupovských horách tvoří příkrovy tefritů, leucititu a čedičů, které se střídají s pyroklastiky. Na východním okraji Doupovských hor vystupují v podloží neovulkanitů středně zrnité písky bazálního terciárního souvrství, místy zpevněné v kaolinické pískovce až křemence.

Střední tok Blšanky je tvořen středočeským permokarbonem. Konkrétně prochází svrchním červeným souvrstvím, což se výrazně projevuje na materiálu, který řeka unáší. Toto souvrství je budováno arkózovými pískovci s vložkami slepenců, písčitých prachovců a jílovců s bohatým obsahem těžkých minerálů. V transportovaném materiálu se také podstatně projevují svrchnokřídové cenomanské až středoturonské sedimenty měcholupského tektonického příkopu (Domáci 1975).

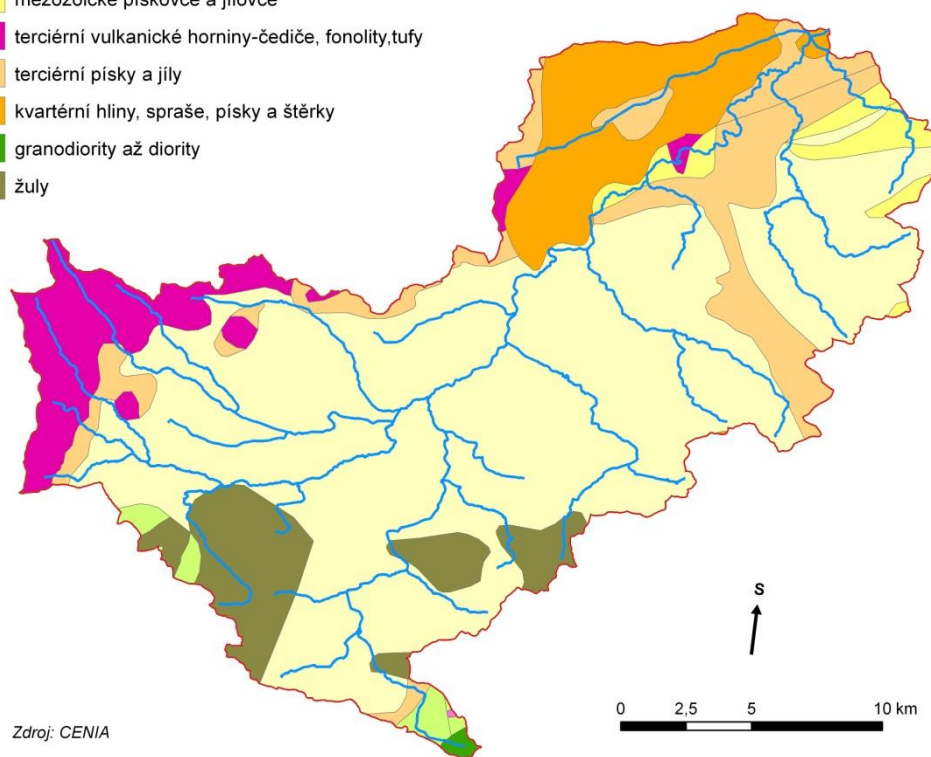
Dolní část toku u Žatce prochází miocenními písky a jíly. Nejnižší část povodí Blšanky je tvořena tepelsko-barrandienským algonkiem, které je charakterizováno klidnou, jednotvárnou sedimentací vrstev převážně pelitického charakteru (Domáci 1975).

Střídání propustných vrstev s nepropustnými jílovými tvoří vhodné prostředí pro akumulaci podzemní vody. Právě zásoba podzemní vody je v takto srážkově chudé oblasti důležitá, neboť i v horkém létě může být pomocí základního odtoku udržen alespoň minimální průtok nutný pro přežití veškerých vodních organismů. Propustné terciární štěrkové terasy u Holedče, dosahující až stometrové mocnosti, jsou také využívány k vodárenským účelům.

Geologické složení povodí je tedy v celku různorodé. Na tuto skutečnost také poukazuje podélný profil Blšanky, jenž není zcela pravidelný. První zlom na spádové křivce řeky nastává při opouštění Doupovských hor. Z odolných vulkanických hornin se podloží mění na písky a pískovce bazálního terciárního souvrství (viz obrázek 2). Zde eroze postupuje rychleji. Další nepravidelnosti spádové křivky se vyskytují poblíž 20. kilometru a v úseku mezi 35. a 45. říčním kilometrem (Domáci 1975).

Geologické poměry

- proterozoické břidlice, fylity, svory až pararuly
- proterozoické až paleozoické vulkanické horniny
- permokarbonské pískovce, slepence a jílovce
- mezozoické pískovce a jílovce
- terciární vulkanické horniny-čediče, fonolity, tufy
- terciární písky a jíly
- kvartérní hlíny, spraše, písky a štěrky
- granodiority až diority
- žuly



Obrázek 2: Geologické poměry povodí Blšanky

Půdní poměry

Typů půd zde nalezneme několik. Dominují zde hnědé půdy. Také se zde vyskytují hnědé půdy ilimerizované a hnědozemě. V Doupovských horách a Jesenické pahorkatině se nacházejí hnědé půdy. S klesající nadmořskou výškou hnědé půdy postupně přecházejí do hnědých půd ilimerizovaných. V ještě nižších polohách a méně členitém reliéfu, například mezi Kryry a Blšany, nalezneme hnědozemě. V úzkém pruhu mezi Podbořany a Měcholupy se vyskytují také černozemě. V údolních nivách nalezneme půdy nivní a lužní (Prášil 1996). Důležitou roli v této oblasti hraje výskyt permských červenek. Jedná se o kvalitní hnědé půdy, které jsou zemědělsky hojně využívány. Díky velkému obsahu minerálů, především železa a manganu, jsou tyto půdy vhodné k pěstování chmele (Kašpárek, Mrkvičková 2008). Typické zbarvení permských červenek taktéž hraje velkou roli v červeném zbarvení vody Blšanky, a to obzvláště po intenzivnějších deštích.

Nejhojněji zastoupeným půdním druhem v povodí jsou půdy hlinité. Tento druh je rozložen více méně rovnoměrně na více než 50 % území. Dalšími půdními druhy často se vyskytujícími v povodí jsou půdy písčito-hlinité (spíše v jižní části povodí) a hlinito-písčité (spíše v severní části povodí). Jílovito-hlinité půdy taktéž ostrůvkovitě nalezneme po celém povodí, nejhojněji jsou však zastoupeny v podhůří Doupovských hor a údolní nivě Podvineckého potoka. Také lehké půdy jsou zastoupeny pouze útržkovitě, a to především na žulových zvětralinách v okolí Blatna (VÚMOP).

Klimatické poměry

Díky srážkovému stínu Krušných a Doupovských hor, ve kterém se povodí Blšanky nachází, je zabráněno přístupu severozápadních větrů přinášejících vláhu od Atlantiku. Průměrné srážky jsou zde tedy hluboko pod průměrnou hodnotou srážek ČR. Podle Strakové (1999) činí dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek v povodí Blšanky 509 mm. Teploty vzduchu jsou zde naopak vysoké. Naprostá většina území povodí v Quittově klasifikaci spadá do mírně teplé oblasti (nejvíce zastoupena kategorie MT11) (ČHMÚ 2007). Průměrná roční teplota $8,3\text{ }^{\circ}\text{C}^2$ (Kašpárek, Mrkvičková 2008) spolu s nízkým úhrnem srážek zajišťuje, že se tato oblast řadí k nejsušším oblastem České republiky. Na základě výpočtu hydrologickým modelem BILAN byl stanoven odhad aktuální evapotranspirace. Hodnota aktuální evapotranspirace 445 mm tvoří 87 % průměrného srážkového úhrnu (Kadlec 2007). V teplých letních měsících, kdy dochází k velké ztrátě vody výparem a zároveň je zde nedostatek srážek, dochází k významnému poklesu hladiny vody v toku nebo dokonce k úplnému vyschnutí. S nedostatkem vody také dochází ke zhoršování její kvality.

Důležitým faktorem pro doplňování zásob vody v půdě a podzemní vody jsou také srážky sněhové. Vyjma Doupovských hor jsou sněhové podmínky v povodí dost nevyrovnané. V průměru trvá výskyt sněhové pokrývky v povodí 35 dní (Kadlec 2007). Množství sněhu se však v jednotlivých letech značně liší. Například na přelomu let 1996–1997 se zde sněhová pokrývka udržela 54 dní, v následujícím zimním období zde však nebyl ani jeden den s vyskytující se souvislou sněhovou pokrývkou (Straková 1999).

² Průměrná roční teplota mezi lety 1991–2007 získaná metodou orografické interpolace

3.2 Socioekonomická charakteristika

Zjišťování socioekonomických aktivit v povodí je velmi obtížné. Aby měli znečišťovatelé povinnost být registrováni, musí přesáhnout povolenou hranici zatížení toku. Registrovány jsou tedy pouze havarijní stavy. Další překážkou je rozdílná poloha hranic povodí a hranic administrativních.

Zemědělství

Zemědělství je pro oblast povodí Blšanky velice významné, o čemž svědčí fakt, že orná půda zabírá celou polovinu rozlohy povodí³ (CENIA). Území povodí Blšanky se díky své členitosti, nadmořské výšce a klimatickým podmínkám řadí do řepařského a bramborářského výrobního typu (Šára 1997). Rostlinná výroba se zde zaměřuje především na pěstování obilovin a olejnin (řepka, hořčice a slunečnice). Největší část orné půdy je využita právě k pěstování obilovin. Druhou nejhojněji zastoupenou plodinou je řepka. A třetí největší část rozlohy orné půdy je využita k pěstování chmele. Dalšími plodinami pěstovanými v této oblasti jsou vojtěška a kukuřice (viz kapitola 5.3).

Právě tradičním pěstováním chmele je tato oblast proslavena. Velmi kvalitní chmel z oblasti Žatecka se vyváží do celého světa. Chmel, vyžadující specifické složení půdy, které poskytují právě zde se nacházející červenky, je plodinou (stejně jako vojtěška a kukuřice) vysoce náročnou na spotřebu vody. Kvůli nedostatečnému množství srážek dopadajících na povodí je nutno tyto plodiny zavlažovat. Voda je odebírána především z Blšanky, Klučeckého potoka a Podhory. Množství odebírané vody pro závlahu má v posledních letech výrazně rostoucí tendenci (Kašpárek, Mrkvičková 2008). Chmel a kukuřice jsou plodiny nejen vysoce náročné na vodu, ale také jsou to plodiny erozně nebezpečné. Způsob a podmínky jejich pěstování tedy podporují erozi půdy a spolu s erozí dochází ke smyvu živin, které jsou následovně odvedeny do recipientu.

Kromě rostlinné výroby zde nalezneme také výrobu živočišnou. V minulosti zde bylo několik výrobních podniků. V současné době se jejich počet snížil, jejich průměrná rozloha však narostla. Největší podniky se nachází v Kryrech. Místní farmy se zaměřují především na chov skotu, prasat a drůbeže. Určit celkové znečištění pocházející z takovýchto farem je velmi

³ údaje CORINE za rok 2006

obtížné. V integrovaném registru znečišťovatelů je zapsána pouze Farma Vroutek, kvůli úniku amoniaku do ovzduší (IRZ).

Průmyslová výroba

Povodí Blšanky je poměrně chudé na přírodní zdroje. Nejspíše i díky tomu patří tato oblast v celorepublikovém měřítku spíše k průmyslově méně významným. Hospodářsky významnější je pouze výskyt kaolinů, keramických jílů a písků.

Vliv na znečištění vod může mít závod AGC Flat Glass Czech a.s. v Kryrech. Podle registru znečišťovatelů dochází k přenosu benzenu a xylenů v odpadech. Další závod BV Plast, s.r.o. v Lubenci je v registru znečištění zaznamenán kvůli úniku styrenu do ovzduší (IRZ)⁴. Díky poloze povodí v blízkosti Severočeské hnědouhelné pánve a převládajícímu jihozápadnímu proudění se však dá předpokládat, že velmi negativní vliv na kvalitu vody mají i podniky nacházející se mimo povodí.

Obyvatelstvo

Povodí Blšanky zasahuje do čtyř různých okresů ve čtyřech různých krajích. Rozkládá se na hranicích Ústeckého, Karlovarského, Plzeňského a Středočeského kraje. V důsledku méně rozvinutého průmyslu se jedná o méně zalidněnou oblast. Největšími obcemi v povodí jsou Kryry s 2406 obyvateli, Vroutek (1854 obyv.), Jesenice (1704 obyv.) a Lubenec (1479 obyv.) (ČSÚ)⁵.

Podle Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Ústeckého kraje se v povodí Blšanky nachází několik obcí s kanalizační sítí. Většina těchto kanalizačních sítí je zakončena čistírnou odpadních vod (ČOV). Čistírny odpadních vod se nacházejí v obcích Kryry, Strojetic, Lubenec, Očihov, Jesenice, Měcholupy, Vroutek a Holedeč. ČOV se nachází také v obci Černčice, do které je zaústěna kanalizace jak z obce Černčice, tak z nedaleké obce Petrohrad. Také obec Tuchořice má splaškovou kanalizační síť, ovšem pouze 6 % je odváděno do ČOV Tuchořice, zbytek kanalizačních vod je nečištěno. Voda vyčištěná v čistírnách odpadních vod je odváděna do Blšanky či jejích přítoků. V dalších obcích,

⁴ registr znečišťovatelů za rok 2012

⁵ počty obyvatel ke dni 31.12.2012

s ohledem na jejich velikost, není investičně a provozně výhodné budovat čistírny odpadních vod a kanalizační síť. Většina odpadních vod produkovaných obyvateli takovýchto obcí je akumulována v bezodtokých jímkách, které jsou dále vyváženy na pole či do ČOV Podbořany. Popřípadě jsou odpadní vody odváděny do septiků s odtokem do povrchových vod (Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.).

4. METODIKA A ZDROJE DAT

Vodní stav Blšanky v Holedči byl sledován již od roku 1905. V roce 1969 zde byla zřízena limnigrafická stanice. Současný profil ČHMÚ, na kterém se měří hodnoty vodních stavů a průtoků, se nachází v obci Stránky. Měření bylo přesunuto z Holedče do těchto míst 1.8.2008. Vzdálenost mezi bývalým profilem v Holedči a současným profilem ve Stránkách je přibližně 2 km. Mezi těmito profilem se nenacházejí žádné významné přítoky. V této práci jsou využita data měsíčních průměrů vypočítaných z denních průtoků od začátku hydrologického roku 1969 až do konce hydrologického roku 2012 (příloha 1). Sjednání hodnot z profilu Holedče a Stránky bylo zajištěno převodem dat z profilu ve Stránkách. Data byla vynásobena koeficientem 0,985.

Na území povodí Blšanky nebo v jeho blízkosti se v současnosti nacházejí dvě klimatické stanice a několik stanic srážkoměrných. Klimatické stanice se nacházejí v Žatci a ve Strojeticích. Stanice Strojetic nahradila klimatickou stanicí v Blšanech, která již v současnosti neměří. Další srážkoměrné stanice se nacházejí v obcích Hřivice, Kounov, Oráčov, Velká Černoc, Pastuchovice, Kralovice a Verušičky. Stanice v Blšanech, Kryrech a Valeči již bohužel neměří. Jejich data z dřívějších let však byla použita pro doplnění chybějících hodnot v datových řadách stanic nacházejících se v jejich blízkosti. Při analýze trendů vývoje srážek bylo počítáno s měsíčními úhrny srážek vypočítaných z denních hodnot. Pro analýzu byla vybrána data ze stanic Žatec, Velká Černoc, Pastuchovice a Kounov. Tyto stanice se řadí mezi ty s nejdelší dobou pozorování. Data ze stanic Žatec, Pastuchovice a Kounov jsou pro tuto práci k dispozici již od roku 1961. Měření na stanici Žatec však bylo v letech 1962 a 1963 přerušeno. Z toho důvodu se v následující analýze počítá s žateckou řadou dat začínající až v lednu roku 1964. Datová řada stanice Velká Černoc začíná v květnu 1963. Pro analýzu byla použita data ze všech čtyř stanic až do února roku 2014. Na stanicích Velká Černoc a Kounov došlo k několika málo výpadkům v měření. Chybějící data byla doplněna na základě výsledků regresní analýzy řad měsíčních srážkových úhrnů sousedních stanic. Z dat klimatické stanice v Žatci byly v této práci použity také měsíční průměrné hodnoty teplot pozorované od roku 1905 až do února 2014.

Určení dlouhodobých trendů v časových řadách průtoků, srážek a teplot bylo provedeno pomocí Mann–Kendallova testu. Tento test byl vyvinut Andreasem Grimvallem a dále rozvinut Claudií Libiseller na univerzitě v Liköpingu. Pomocí Mann–Kendallova testu

lze detekovat dlouhodobý roční i sezónní trend. Mann–Kendallův test má dva parametry detekce trendu. První parametr „MK-Stat“ určuje směr a velikost trendu. Druhý parametr „p-hodnota“ určuje hladinu významnosti. Tento test může pracovat s velmi dlouhými datovými řadami, jejichž délka se navíc nemusí přesně shodovat. Mann–Kendallův test dokáže vyhodnotit také řady, v nichž část dat chybí (například z období, kdy dané stanice neměřily).

K hodnocení trendů ve vývoji kvality vody byla použita data z profilu jakosti povrchových vod ČHMÚ v Trnovanech. Tato data byla získána od státního podniku Povodí Ohře a z databáze informačního systému Arrow (Assessment and Reference Reports of Water Monitoring), který provozuje Český hydrometeorologický ústav. Vyhodnocení kvality vody v profilu Trnovany probíhá měsíčně již od roku 1965. V tomto roce započalo mimo jiné měření hodnot BSK₅, amoniakálního dusíku a rozpuštěných i nerozpuštěných látek. V roce 1967 se mezi měřené hodnoty přidal ukazatel dusičnanového dusíku. O rok později byla mezi měřené ukazatele zařazena chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Cr}). V roce 1979 započalo měření celkového fosforu. V povodí se také nachází síť doplňkových profilů jakosti vody, kterou provozuje KFGG PřF UK. Měření na těchto profilech započalo v roce 1995, odběry vzorků vody a jejich následné vyhodnocení probíhají dodnes. Tato síť byla navržena tak, aby zachycovala látkové vstupy z hlavních přítoků Blšanky stejně jako vývoj zátěže v podélném profilu toku. V této práci však byly vyhodnocovány pouze data z profilu ČHMÚ v Trnovanech, k vyhodnocení dat z profilů KFGG bych se chtěla vrátit v případné navazující magisterské práci. Pro vyhodnocení dlouhodobých trendů kvality vody v této práci byly vybrány ukazatele biologické spotřeby kyslíku za 5 dní (BSK₅), chemické spotřeby kyslíku dichromanem (CHSK_{Cr}), koncentrace rozpuštěných a nerozpuštěných látek a také koncentrace amoniakálního, dusičnanového dusíku a celkového fosforu. Trendy ve vývoji kvality vody byly zjištěny na základě zpracování dat v MS Excel.

Detailní zmapování krajinného pokryvu v povodí Blšanky provedl Prášil. Díky jeho výzkumu, a pracím na něj navazujících je k dispozici detailní zmapování krajinného pokryvu v roce 1995, 2004 a 2013 (viz obrázek 12). Zmapované území Blšanky obsahuje pouze část povodí po limnigrafické stanici Holedeč (viz obrázek 1). Plocha této části povodí je 375,4 km², zmapováno je tedy 77,8 % rozlohy povodí Blšanky. V aplikační části jsou vypočteny podíly jednotlivých typů krajinného pokryvu na části povodí Blšanky po profil Holedeč. V ArcGIS také byly vytvořeny mapy krajinného pokryvu pro roky 1995, 2004, 2013.

5. VÝSLEDKY

5.1 Trendy ve vývoji odtoku

Pro zjištění dlouhodobých trendů v odtokovém režimu byl aplikován Mann–Kendallův test. Test byl použit pro průtoková data z profilu v Holedči, pro srážková data ze stanic Žatec, Pastuchovice, Velká Černoc a Kounov a pro teplotní data z klimatické stanice v Žatci. Výsledky Mann–Kendallova testu jsou uvedeny v následujících tabulkách (tab. 2, 3 a 4). Kladná čísla parametru „M-K Stat“ znamenají rostoucí trend, naopak záporná čísla trend klesající. V následujících tabulkách (tab. 2, 3 a 4) jsou statisticky významné hodnoty s hladinou významnosti nižší než 0,025 (t.j. „p-hodnota“ $< 0,025$) vyznačeny červenou barvou (v případě klesajícího trendu) a zelenou barvou (v případě rostoucího trendu). Hodnoty významnosti v rozmezí 0,025 až 0,05 jsou vyznačeny žlutě (u klesajícího i rostoucího trendu).

Výsledky Mann–Kendallova testu pro zjištění dlouhodobého sezónního a ročního trendu průměrných měsíčních průtoků zobrazuje tabulka 2. Z ní je patrné, že v letních měsících (od května do července) dochází ke statisticky významnému poklesu průměrných měsíčních průtoků. K poklesům průtoků s největší statistickou významností dochází v červnu a červenci.

Tabulka 2: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních průtoků profilu Holeděč (1969 – 2012)

měsíc	MK-Stat	p-value
11	-0.920	0.358
12	0.215	0.830
1	1.011	0.312
2	-0.061	0.952
3	-0.728	0.466
4	-1.274	0.203
5	-1.982	0.047
6	-3.156	0.002
7	-2.872	0.004
8	-1.699	0.089
9	-1.639	0.101
10	-0.020	0.984
rok	-1.482	0.138

Zdroj dat: ČHMÚ

Dlouhodobé sezónní a roční trendy průměrných měsíčních srážek zobrazuje tabulka 3. Ve stanicích Žatec a Pastuchovice byl prokázán rostoucí trend úhrnů srážek v červenci s p-hodnotou nižší než 0,025. Pro srážkoměrnou stanici Velká Černoc prokazuje Mann–Kendallův test rostoucí trend pro měsíc leden, ale pouze s hladinou významnosti 0,043. Srážky v této stanici však vykazují statisticky významný rostoucí roční trend s p-hodnotou nižší než 0,025. Na těchto třech stanicích byl tedy prokázán rostoucí trend úhrnu srážek ať už v sezónním či ročním chodu. Rozdílné výsledky v Mann–Kendallově testu vykazuje stanice Kounov. Na rozdíl od ostatních stanic zde byl prokázán pokles průměrných měsíčních srážek, a to v měsících únor a březen. Celkový roční trend potvrzen nebyl.

Tabulka 3: Dlouhodobý trend měsíčních srážkových úhrnů ve stanici Žatec (1964 - 2014), Pastuchovice (1961 – 2014), Velká Černoc (1963 - 2014) a Kounov (1961 – 2014)

měsíc	Žatec		Pastuchovice		Velká Černoc		Kounov	
	MK-Stat	p-value	MK-Stat	p-value	MK-Stat	p-value	MK-Stat	p-value
1	0.195	0.845	1.373	0.170	2.023	0.043	0.067	0.946
2	-1.365	0.172	-1.253	0.210	-0.983	0.326	-2.731	0.006
3	-1.146	0.252	0.077	0.939	-0.920	0.357	-2.117	0.034
4	-0.552	0.581	-1.189	0.234	-0.761	0.447	-1.918	0.055
5	1.372	0.170	1.197	0.231	1.527	0.127	0.000	1.000
6	0.109	0.913	-0.483	0.629	0.625	0.532	-0.407	0.684
7	2.468	0.014	2.416	0.016	1.844	0.065	0.836	0.403
8	1.029	0.304	0.506	0.613	1.811	0.070	1.197	0.231
9	1.330	0.183	0.552	0.581	1.608	0.108	0.000	1.000
10	0.745	0.457	0.545	0.586	1.300	0.194	0.130	0.896
11	-0.443	0.657	0.875	0.382	0.268	0.789	-0.928	0.353
12	1.146	0.252	1.105	0.269	1.478	0.139	0.399	0.690
rok	1.220	0.222	1.446	0.148	2.328	0.020	-1.351	0.177

Zdroj dat: ČHMÚ

Pomocí Mann–Kendallova testu byla také testována řada průměrných měsíčních teplot ze stanice Žatec. Testována byla časová řada od ledna roku 1905 až do února 2014. Jak lze vyčíst z tabulky 4. zobrazující výsledky Mann–Kendallova testu, sezónní trend růstu teplot byl prokázán ve třech měsících: dubnu, srpnu a listopadu. Všechny sezónní trendy byly prokázány s hladinou významnosti menší než 0,025. Prokázán byl také celkový roční trend, podle nějž dochází k celkovému zvyšování průměrných měsíčních teplot měřených na klimatické stanici v Žatci.

Tabulka 4: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních teplot ze stanice Žatec (1905 - 2014)

měsíc	MK-Stat	p-value
1	1.641	0.101
2	0.773	0.440
3	1.164	0.245
4	2.332	0.020
5	0.515	0.606
6	-0.125	0.901
7	0.605	0.545
8	2.379	0.017
9	-0.050	0.960
10	0.806	0.420
11	2.430	0.015
12	1.099	0.272
rok	2.738	0.006

Zdroj dat: ČHMÚ

5.2 Kvalita vody

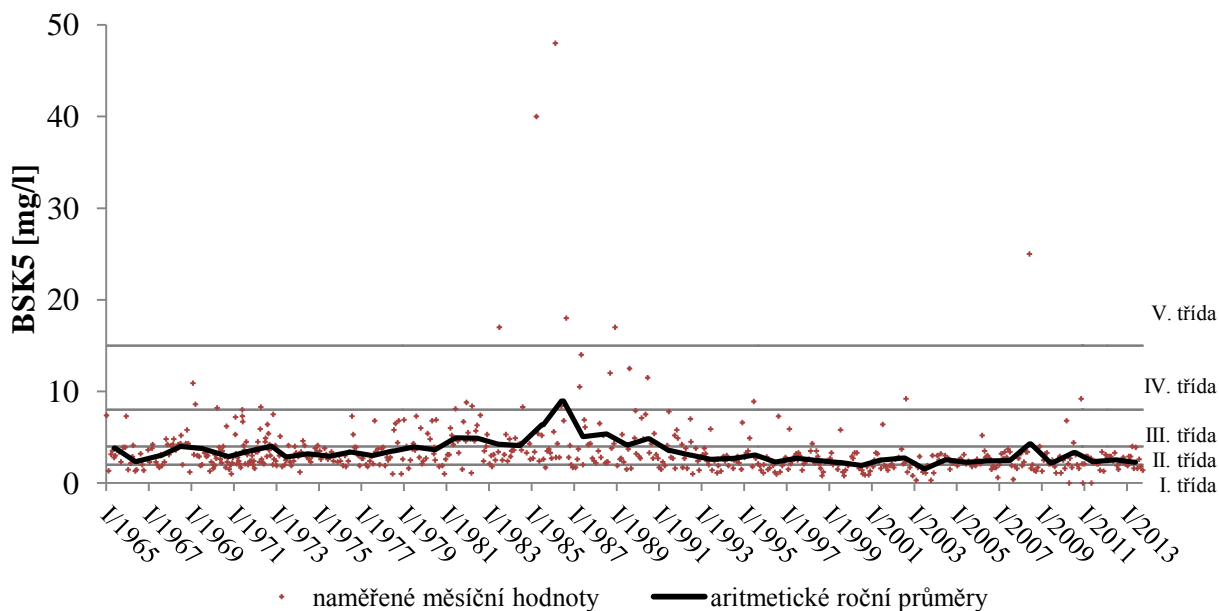
Pro hodnocení trendů vývoje kvality vody bylo vybráno sedm ukazatelů. Jedná se o ukazatele biologické spotřeby kyslíku za 5 dní, chemické spotřeby kyslíku dichromanem, koncentrace rozpuštěných a nerozpuštěných látek a také koncentrace amoniakálního, dusičnanového dusíku a celkového fosforu. U jednotlivých ukazatelů byly určeny dlouhodobé vývojové trendy v rozmezí jejich měření na profilu ČHMÚ v Trnovanech.

Biologická spotřeba kyslíku

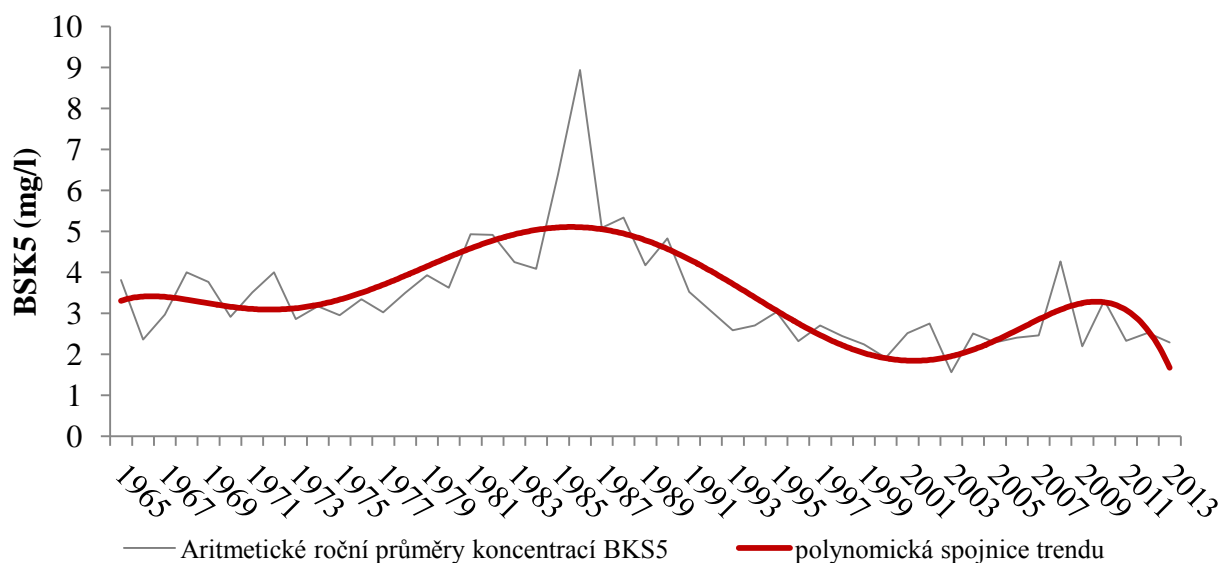
Měření ukazatele BSK₅ začalo v březnu roku 1965. V té době se aritmetické průměry měsíčních hodnot pohybovaly v rozmezí II. třídy klasifikace jakosti vod⁶ (viz obrázek 3). Kvalita vody z hlediska koncentrací ukazatele BSK₅ se začala zhoršovat v 80. letech 20.stol. V této době průměrné roční hodnoty koncentrací začaly překračovat hranici 4 mg/l, a dostaly se tak do hodnot odpovídající třetí jakostní třídě. Růst znečištění pokračoval až do roku 1986 (obrázek 4). Tehdy se hodnoty průměrných ročních koncentrací vyšplhaly téměř až k hodnotě

⁶ Třídy jakosti vody jsou v grafech uváděny pouze orientačně. Grafy obsahují naměřené měsíční hodnoty a z nich vypočítané aritmetické roční průměry. Nejedná se tedy o hodnoty zařazující tok do odpovídající jakostní třídy.

9 mg/l. Tato hodnota již spadá do VI. jakostní třídy. V následujících letech hodnoty klesaly. Zpět do kategorie II. jakostní třídy se průměrné roční koncentrace vrátily až po roce 1990. Tento klesající trend vydržel téměř až do poloviny 90. let. Poté začaly hodnoty koncentrací stagnovat. V roce 2008 dokonce opět došlo k překročení hranice 4 mg/l. V posledních třech letech se však hodnoty opět snížily, a to až na hodnoty BSK₅ nižší než 2,5 mg/l.



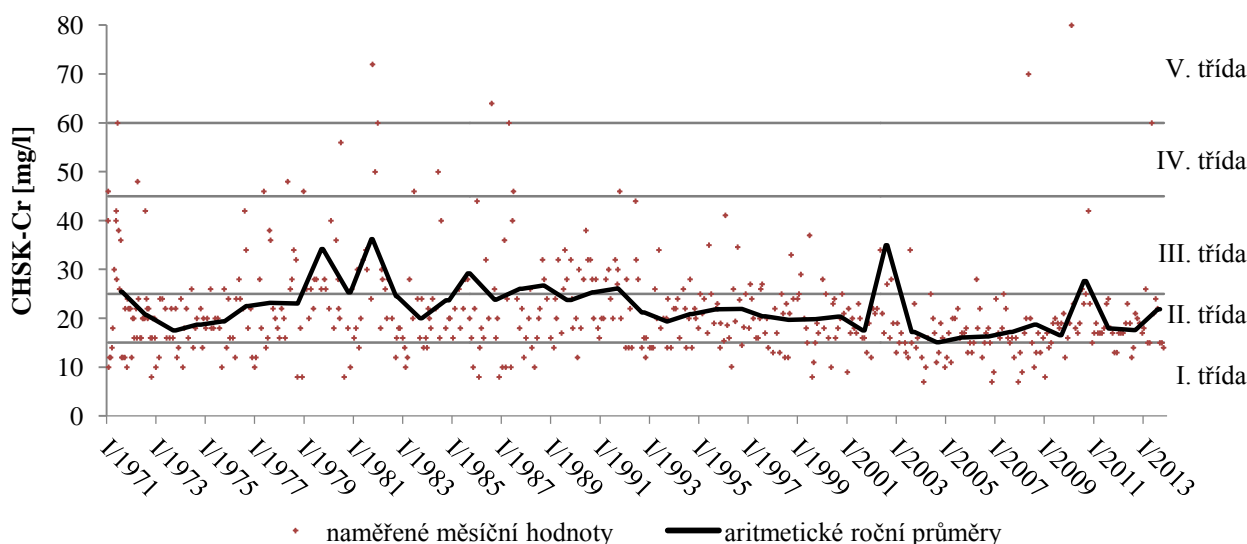
Obrázek 3: Měsíční hodnoty koncentrací BSK₅ a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013 (Zdroj dat: Povodí Ohře)



Obrázek 4: Roční aritmetické průměry koncentrací BSK₅ v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013 (Zdroj dat: Povodí Ohře)

Chemická spotřeba kyslíku

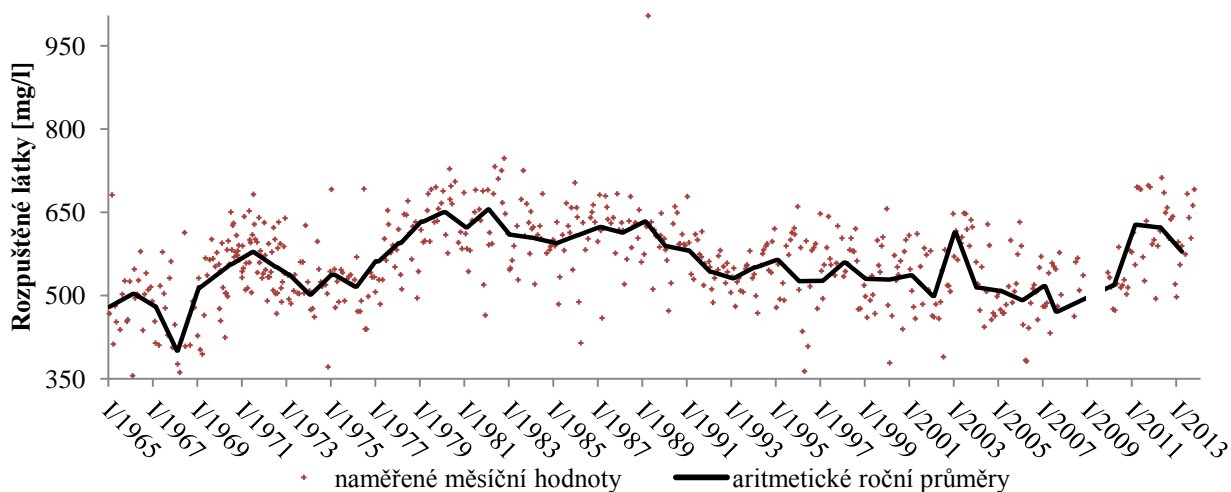
Měřit hodnoty chemické spotřeby kyslíku dichromanem na profilu v Trnovanech se začalo až v lednu 1971. Stejně jako ukazatel BSK₅ se průměrné roční koncentrace CHSK_{Cr} v prvních letech měření pohybovaly v druhé třídě klasifikace jakosti vod (viz obrázek 5). V prvních třech letech měření došlo k celkem výraznému poklesu hodnoty CHSK. Od roku 1974 však docházelo ke každoročnímu nárůstu hodnoty. V období 1979–1981 dokonce došlo k překročení hranice II. třídy. Nejvyšší hodnoty dosáhl roční průměr CHSK_{Cr} v roce 1981, a to více než 36 mg/l. Následovalo tříleté období poklesu hodnot, kdy se tyto hodnoty opět dostaly do II. jakostní třídy. V následujícím období 1985–1991 byly koncentrace opět zvýšené, nacházely se na pomezí II. a III. jakostní třídy. Zároveň je zde ale patrný mírně klesající trend. V období 1992–2000 roční průměrné koncentrace stagnují kolem hodnoty 20 mg/l. Od roku 2001 až do roku 2012 se hodnoty udržují v rozmezí 15–19 mg/l. Výjimku tvořily pouze roky 2002, 2009 a 2013. V těchto letech došlo k náhlému navýšení koncentrací, a to v roce 2002 až na 35 mg/l.



Obrázek 5: Měsíční hodnoty koncentrací CHSK_{Cr} a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1971 - 2013 (Zdroj dat: Povodí Ohře)

Rozpuštěné látky

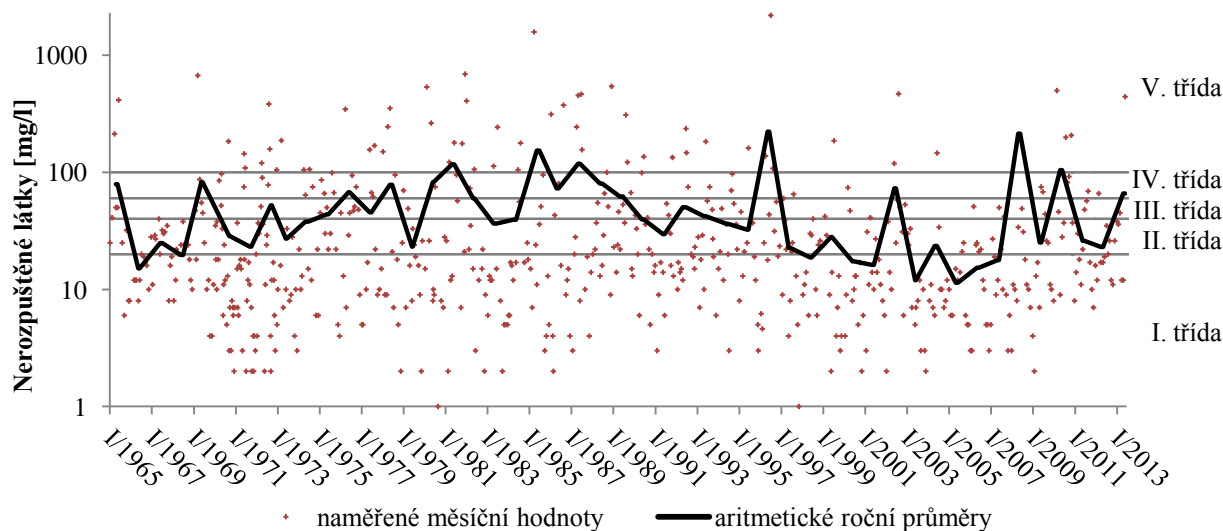
Jak lze vyčíst z obrázku 6, naměřené měsíční hodnoty rozpuštěných látek nedosahují tak velkého rozptylu jako měsíční hodnoty předchozích ukazatelů BSK₅ a CHSK_{Cr}. Jedná se o jeden z nejvyrovnanějších kvalitativních ukazatelů. Jako první období s rostoucím trendem průměrných ročních hodnot lze označit rozmezí let 1968 až 1980. Mezi těmito lety hodnota průměrných ročních koncentrací vzrostla z 480 mg/l až na 650 mg/l. V následujícím desetiletí koncentrace stagnovaly. Od roku 1989 začíná klesající trend. Tento trend končí až rokem 2008. Výjimku v tomto období poklesu tvořil pouze rok 2002, ve kterém došlo k celkem výraznému navýšení koncentrace rozpuštěných látek. Pro rok 2009 bohužel nebyly koncentrace rozpuštěných látek změřeny. Od roku 2010 však opět dochází k růstu koncentrací rozpuštěných látek.



Obrázek 6: Měsíční hodnoty koncentrací rozpuštěných látek a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013 (Zdroj dat: Povodí Ohře)

Nerozpuštěné látky

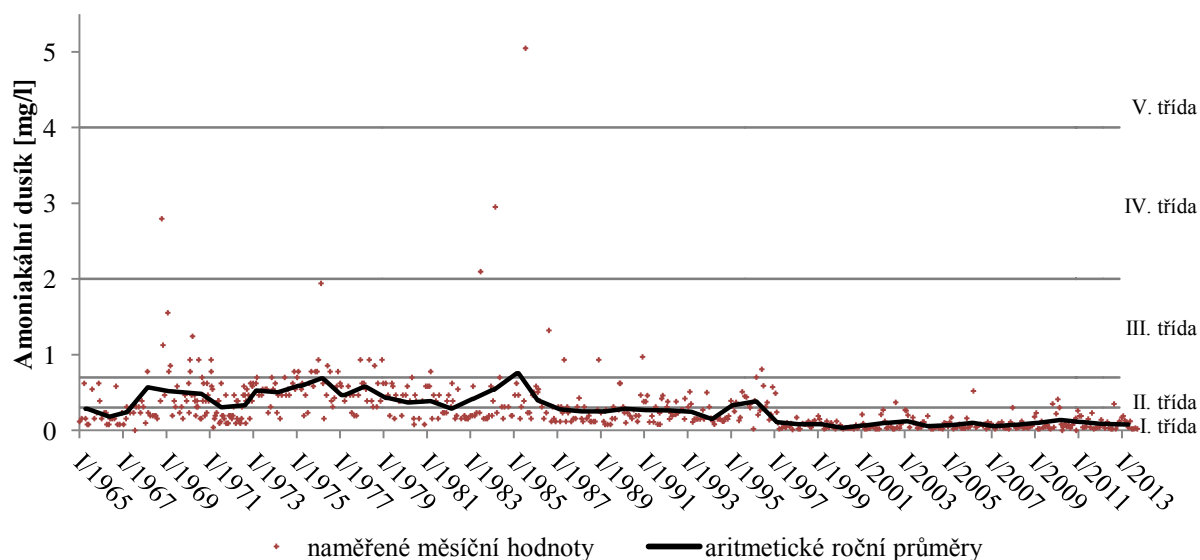
Nerozpuštěné látky, jak dokazuje obrázek 7, jsou velice variabilním ukazatelem. Vzhledem k četnosti měření, jež probíhá jednou za měsíc, není popis vývoje tohoto ukazatele příliš reprezentativní. Vysoké průměrné roční koncentrace mohou být zkresleny jednou či dvěma extrémními hodnotami naměřenými po předchozí přívalové srážce. K přesnějšímu vyhodnocení trendů tohoto ukazatele by byla zapotřebí data s denními hodnotami koncentrací nerozpuštěných látek. Přesto je na obrázku 7 patrný rostoucí trend koncentrací od roku 1966 do roku 1976. V následujícím období 1977–1986 jsou hodnoty ročních průměrů značně rozkolísané. Od roku 1987 se hodnoty postupně snižují. V roce 1992 došlo k mírnému navýšení koncentrace nerozpuštěných látek, klesající trend ale nadále pokračoval, a to až do roku 2006. Výjimku v tomto období tvořily roky 1996 a 2002, kdy byly hodnoty koncentrací několikanásobně zvýšené oproti předcházejícím a následujícím rokům. Od roku 2007 dochází k mírnému navýšení a následné stagnaci koncentrací, ovšem opět s několika výjimečnými roky (2008, 2010 a 2013), kdy byly hodnoty koncentrací zvýšené.



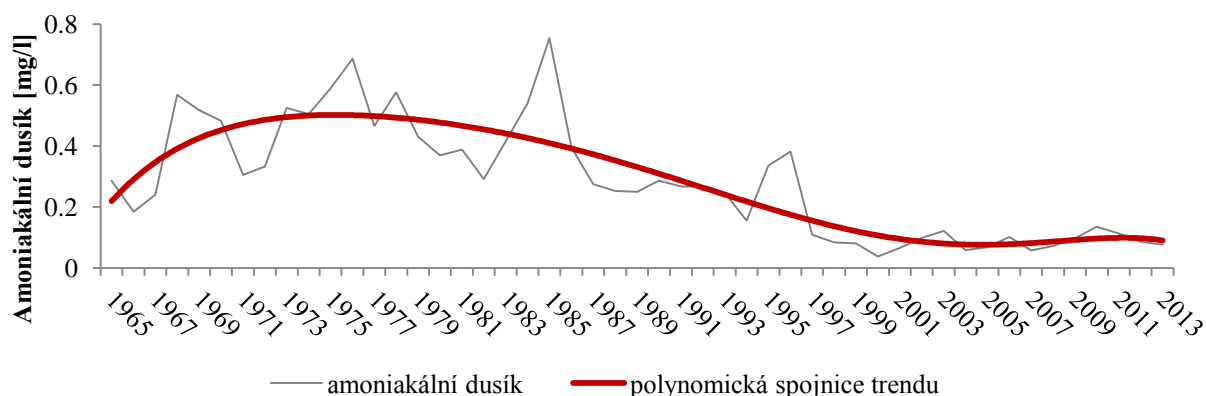
Obrázek 7: Měsíční hodnoty koncentrací nerozpuštěných látek a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013 (Zdroj dat: Povodí Ohře)

Amoniakální dusík

Koncentrace amoniakálního dusíku jsou na profilu Trnovany sledovány již od roku 1965. V prvních třech letech pozorování, spadaly průměrné roční koncentrace, vypočítané z měsíčních naměřených hodnot, do I. třídy klasifikace jakosti vod (viz obrázek 8 a 9). Mezi lety 1966 a 1976 však došlo k prudkému nárůstu znečištění vody. Koncentrace amoniakálního dusíku v roce 1976 dosahovala téměř trojnásobné hodnoty oproti roku 1966. Od roku 1977 se začíná projevovat pozvolný klesající trend. Tento trend lze vysvětlit zvýšenou vodností toku mezi lety 1977 – 1981. Tento klesající trend v roce 1982 vystřídal prudký nárůst koncentrací s vrcholem v roce 1985. Tehdy byla dosažena největší průměrná roční koncentrace amoniakálního dusíku. I tento trend lze vysvětlit závislostí koncentrace na průtocích, neboť v daném období došlo k výraznému poklesu průtoku v Blšance. V následujícím období začíná další klesající trend koncentrací dusíku, který končí až na přelomu tisíciletí. Pokles hodnot koncentrací je do značné míry důsledkem výstavby několika čistíren odpadních vod a jejich uvedením do provozu. Přechodné zvýšení hodnot v letech 1995 – 1996, lze opět vysvětlit zvýšenou vodností toku. Od roku 2001 opět dochází k mírnému nárůstu hodnot koncentrací. Průměrné roční koncentrace se však již od roku 1997 až do současnosti pohybují na úrovni I. třídy klasifikace jakosti vod.



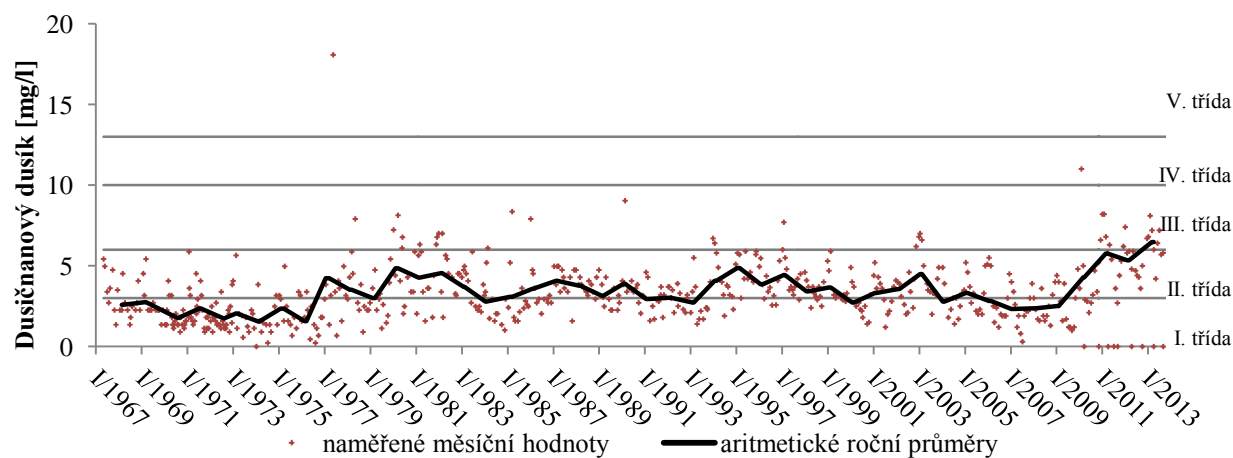
Obrázek 8: Měsíční hodnoty koncentrací amoniakálního dusíku a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013 (Zdroj dat: Povodí Ohře)



Obrázek 9: Roční aritmetické průměry koncentrací amoniakálního dusíku v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013 (Zdroj dat: Povodí Ohře)

Dusičnanový dusík

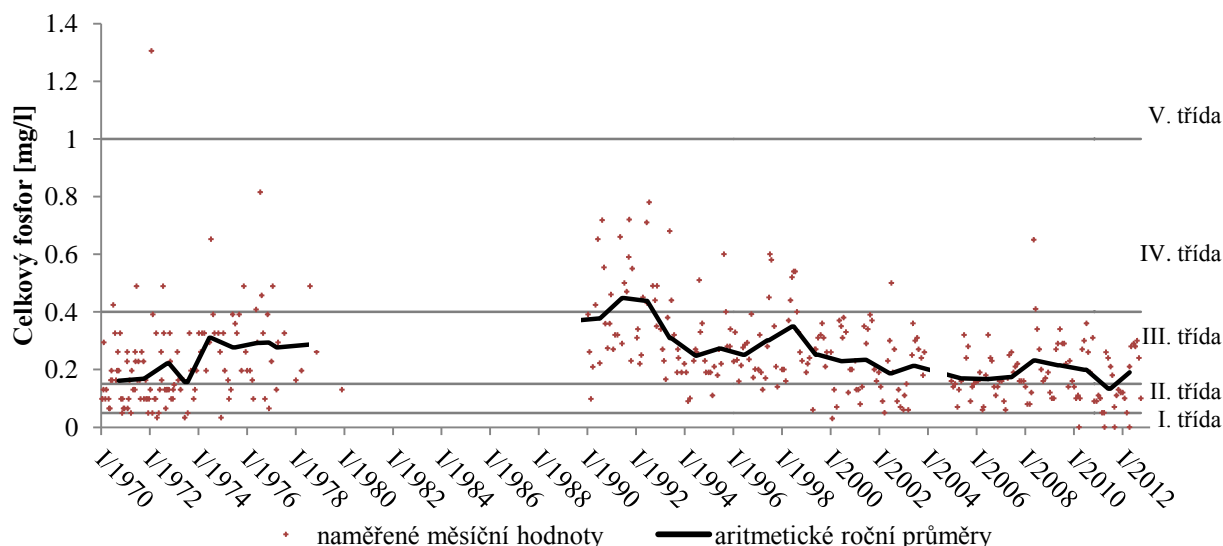
Vývoj koncentrací dusičnanového dusíku (obrázek 10) lze rozdělit do třech období. První období 1967–1976 se vyznačuje nízkými hodnotami spadajícími do I. jakostní třídy a mírným klesajícím trendem. V období 1977–2006 koncentrace odpovídaly hodnotám na dolní hranici II. jakostní třídy. V roce 2007 sice došlo k snížení průměrné roční hodnoty koncentrace, zároveň byl ale v tomto roce nastartován poměrně prudký rostoucí trend. Mezi lety 2007 a 2013 došlo k téměř trojnásobnému navýšení koncentrace dusičnanového dusíku v profilu Trnovany. Navyšování průměrných hodnot koncentrací lze vysvětlit pomalým odbouráváním tohoto ukazatele. Dochází tedy k setrvačnosti a postupnému navyšování průměrných koncentrací znečištění (Svitáková 1999).



Obrázek 10: Měsíční hodnoty koncentrací dusičnanového dusíku a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1967 - 2013 (Zdroj dat: Povodí Ohře)

Celkový fosfor

Sledování ukazatele celkového fosforu probíhalo na profilu Trnovany ve dvou obdobích. Měřit se tento ukazatel začal v roce 1970. V prvních třech letech měření probíhal odběr vzorků dvakrát do měsíce. V dalších letech byla měření prováděna jednou za měsíc. Od roku 1977 se počet pozorování snížil. Vzorky byly odebírány zhruba jednou za čtvrt roku. Od roku 1979 bylo měření přerušeno. Znovu se začalo měřit až v lednu roku 1990. Měření byla prováděna jednou za měsíc. Další výpadek v měření nastal během roku 2004. Počátkem roku 2013 byla měření opět přerušena a prozatím nebyla obnovena. Z obrázku 11 je patrné, že stejně jako u ostatních zde zkoumaných ukazatelů došlo v 70. letech k růstu koncentrací celkového fosforu. Tento růst zřejmě pokračoval i během následujícího období, kdy jeho koncentrace nebyly měřeny. Nejvyšších průměrných ročních koncentrací bylo dosaženo na začátku 90. let. Průměrné hodnoty se tehdy pohybovaly na úrovni IV. třídy v klasifikaci jakosti vod. Od roku 1992 se průměrné koncentrace začaly snižovat. Tento klesající trend trval do roku 2007. V následujících letech hodnoty koncentrací celkového fosforu stagnovaly. I přes klesající trend v 90. letech a na počátku 20. stol. dosahují koncentrace naměřené v posledních letech vysokých hodnot. Průměrné roční koncentrace se stále pohybují na úrovni III. třídy klasifikace jakosti vod. Langhammer (2002) uvádí, že „u profilů zatížených z bodových zdrojů emisí je zřejmá inverzní závislost koncentrací na průtoku. S rostoucím průtokem koncentrace fosforu, resp. fosforečnanů v recipientu klesají. U profilů zatížených z plošných zdrojů emisí je závislost méně zřetelná.“ Při porovnání průměrných měsíčních průtoků (příloha 1) a vývoje koncentrací ukazatele celkového fosforu (obr. 11) není zřejmá inverzní závislost koncentrací na průtoku. Lze tedy předpokládat, že emisní zatížení toku fosforem pochází především z plošných zdrojů znečištění. Tomuto tvrzení nasvědčuje také fakt, že vývoj koncentrací celkového fosforu koresponduje s vývojem zemědělství. Od 70. docházelo k intenzifikaci zemědělství. Kvůli snaze o větší výnosy se začala ve velké míře používat průmyslová hnojiva obsahující fosfor. Spolu s růstem používání hnojiv dochází k růstu koncentrací fosforu v toku. S útlumem zemědělství po roce 1990 začala aplikace hnojiv klesat, stejně jako koncentrace celkového fosforu nacházejících se v toku. V posledních letech se pokles intenzity zemědělství i koncentrací celkového fosforu zastavil.



Obrázek 11: Měsíční hodnoty koncentrací celkového fosforu a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1970 - 2013 (Zdroj dat: Povodí Ohře)

5.3 Změny ve využití krajiny

První zásah do přirozené vegetace, již jsou na území povodí Blšanky lesy, provedl člověk již před 7 tis. lety. Se zaváděním zemědělské činnosti do běžného života lidí docházelo k odlesňování a následné úpravě půdy. Intenzivní zemědělská činnost v této oblasti vedla k odlesnění většiny území (Kadlec 2007).

K další výrazné změně v obhospodařování půdy došlo během kolektivizace. Po roce 1948 začalo docházet ke scelování pozemků a s tím spojenému rušení remízků, mezí, polních cest a dalších krajinotvorných prvků, jež současně zabraňovaly erozi půdy a napomáhali větší infiltraci vody do půdy, potažmo retenční schopnosti půdy. Tento problém ještě znásobila těžká mechanizace, která zapříčinila zhutnění půdy a tedy další snížení infiltrační schopnosti krajiny. Během 60. a 70. let 20. stol. také došlo k výstavbě plošné hloubkové drenáže (Kašpárek, Mrkvičková 2008). K zlepšení situace došlo teprve v 90. letech 20. stol. Po roce 1990 byl nastartován proces transformace české společnosti. Tento proces značně ovlivnil zemědělství. Začalo docházet k extenzifikaci zemědělské výroby. Na podporu tohoto procesu se zaměřila nově strukturovaná dotační politika. Dotace se zaměřily na podporu mimoprodukční funkce zemědělství v oblastech s nevhodnými podmínkami pro zemědělskou činnost. Na mnoha místech tak došlo k nárůstu ploch trvale travních porostů či ploch lesů na

úkor orné půdy. Tento proces je možné sledovat také v povodí Blšanky. Podíl orné půdy se zde mírně snížil, zatímco rozlohy ploch luk a pastvin vzrostly (viz tabulka 5).

Tabulka 5: Zastoupení typů krajinných pokryvů v části povodí Blšanky (po profil Holedeč) v letech 1995, 2004 a 2013

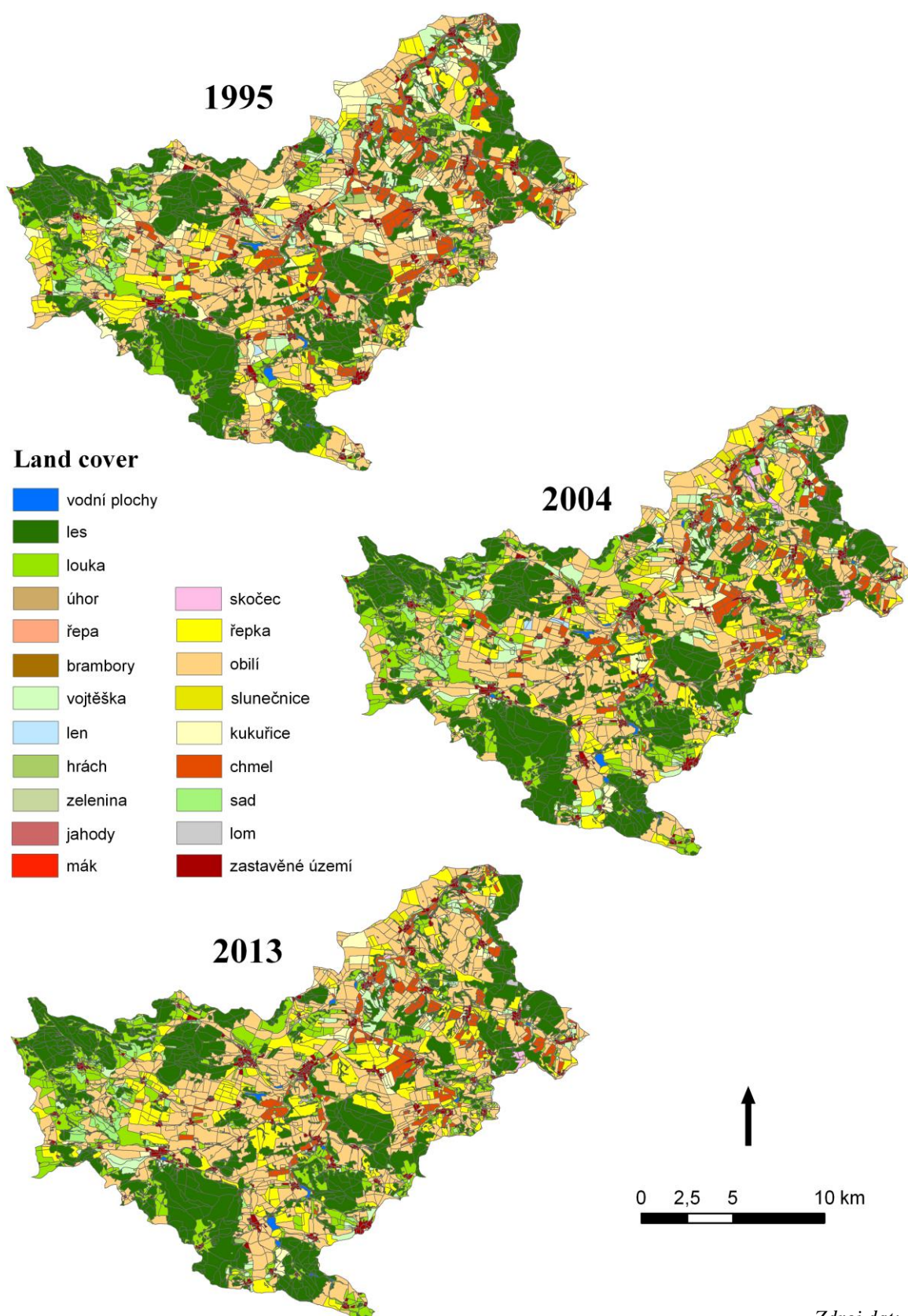
Krajinný pokryv (%)	1995	2004	2013
zastavěné plochy a lomy	3.4	3.5	3.5
orná půda	47.3	44.6	45.5
chmelnice a sady	8.8	6.8	6.2
louky a pastviny	8.6	13.2	12.9
lesy	31.6	31.6	31.6
vodní plochy	0.3	0.4	0.4

Zdroj dat: KFGG PřF UK

Tabulka 6: Zastoupení typů krajinného pokryvu včetně jednotlivých plodin a jejich změna v části povodí Blšanky (po profil Holedeč) v letech 1995, 2004 a 2013

Krajinný pokryv (%)	1995	2004	2013	změna mezi roky 1995 a 2013
úhor	0	0.05	0.04	0.04
řepa	< 0.01	0.02	0.02	0.02
brambory	< 0.01	0.03	0.04	0.04
vojtěška	4.42	4.03	2.43	-1.99
len	0.05	0.14	0	-0.05
hrách	0.40	0.05	0.10	-0.30
zelenina	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0
jahody	0	0.01	0.01	0.01
mák	0	0.01	0	0
skočec	0	0.50	0.14	0.14
řepka	8.25	7.91	10.18	1.93
obilniny	28.54	29.38	30.77	2.23
slunečnice	0	0.56	0.26	0.26
kukuřice	5.61	1.88	1.50	-4.11
chmel	6.54	4.57	3.99	-2.55
sady	2.24	2.19	2.18	-0.07
louky a pastviny	8.58	13.20	12.87	4.29
lesy	31.60	31.62	31.63	0.03
vodní plochy	0.31	0.36	0.36	0.04
lomy	0.13	0.15	0.15	0.02
zastavěné území	3.30	3.33	3.33	0.02

Zdroj dat: KFGG PřF UK



Zdroj dat: KFGG

Obrázek 12: Krajinný pokryv povodí Blšanky v letech 1995, 2004 a 2013⁷

⁷ Mezi lety 2004 a 2013 došlo u několika parcel k rozdělení na více částí, zniš každá byla oseta jinou plodinou. Tyto změny v mapě Land cover 2013 nejsou zobrazeny a není s nimi nadále počítáno. Takto rozděleným parcelám byla přiřazena plodina odpovídající části parcely s větší rozlohou.

Jak již bylo zmíněno, Žatecko je významnou chmelařskou oblastí České republiky. Společně s oblastí Úštěcka a Tršicka se řadí na třetí místo v světovém žebříčku produkce chmele. Od konce 90. let 20. stol. dochází k výraznému poklesu rozloh chmelnic v povodí Blšanky. Za 15 let od revoluce poklesly rozlohy chmelnic téměř na polovinu. Tento pokles je podmíněn stářím chmelnic, neboť chmelnice starší než 20 let dosahují výrazně nižších výnosů. V současnosti však stoupá poptávka po kvalitním českém chmelu. Vyšších výnosů, kromě obnovy starých porostů či rozšíření ploch chmelnic, lze dosáhnout zvýšením závlah současných chmelnic. V budoucnu je tedy nutno počítat s možným rozšiřováním ploch chmelnic a také s navýšením zavlažovaných ploch (Kašpárek, Mrkvičková 2008). K ještě výraznějšímu poklesu mezi lety 1995 a 2013 došlo u kukuřice. Rozloha plochy osetá kukuřicí se v roce 2013 snížila na čtvrtinu oproti roku 1995. Třetí plodinou s největším omezením plochy mezi sledovanými roky byla vojtěška, rozloha plochy osetá vojtěškou se zmenšila téměř na polovinu (viz tab. 6). Naopak největší nárůst podílu na ploše povodí zaznamenaly obiloviny a řepka. K výraznému nárůstu ploch osetých řepkou došlo především po roce 2005 (viz obrázek 12), kdy byly schváleny dotace na nepotravinářské užití semene řepky olejné.

Z obrázku 12 a přílohy 2 je patrné, že největší změny v land cover během 90. let 20. století nastaly díky již zmíněným změnám dotační politiky. Mezi lety 1995 a 2004 došlo k přeměně orné půdy v louky především ve vyšších nadmořských výškách. Znatelná je zde taktéž změna ve struktuře pěstovaných plodin, kdy chmelnice a osevní plochy (především vojtěšky a kukuřice) byly přeměněny na plochy oseté obilovinami. Počátkem 21. století již k tak výrazným změnám jako v předcházejícím období nedocházelo. Výjimku tvoří pouze již zmíněná řepka a její navyšování ploch po roce 2005. Mezi zmapováním land cover v letech 2004 a 2013 narostly plochy řepky o 2,3 %. V tomto období také došlo k dalšímu navýšení osevních ploch obilnin. Tyto změny proběhly především na úkor vojtěšky a kukuřice, ale také luk.

Z mapování povodí po profil Holedeč vyplývá, že dominantním typem krajinného pokryvu je i v současnosti neustále orná půda (OP) (viz tabulka 5). Nejhojněji je využívána k pěstování obilovin, ty se vyskytují na více než 60 % rozlohy OP. Řepkou je oseto téměř 21% rozlohy OP. Třetí největší část orné půdy je využita k pěstování chmele (8 % rozlohy OP). Dalšími zde hojně pěstovanými plodinami jsou vojtěška (4,9 % OP) a kukuřice (3 %). Lesy v části povodí Blšanky po profil Holedeč tvoří necelou třetinu rozlohy. Louky se rozkládají na téměř 13 % mapovaného území⁸.

⁸ Rozlohy z mapování KFGG PřF UK v roce 2013.

6. DISKUZE

Hlavním cílem této práce bylo popsat vývoj odtoku a kvality povrchové vody Blšanky a tento vývoj zhodnotit v kontextu klimatické změny a změn ve využití půdy na území povodí. Součástí práce bylo zhodnocení vývojových trendů v hodnotách průtoků, teplot a srážek pomocí Mann–Kendallova testu. Tímto testem se podařilo identifikovat významné trendy mající vliv na odtok. Růst teplot se podařilo prokázat pro průměrné teploty ve třech měsících (duben, srpen, listopad). Prokázán byl také rostoucí roční trend teplot. Tento zjištěný trend koreluje s vývojem teplot v České republice (Hanel a kol. 2011) i ve světě (CENIA–ISSaR). Lze předpokládat, že se zvýšením teplot vzduchu vzrostla také potenciální evapotranspirace. Právě nárůst evapotranspirace může být jednou z příčin snížení průměrných měsíčních průtoků. Klesající trend v hodnotách průtoků byl rovněž potvrzen Mann–Kendallovým testem. Bylo prokázáno snížení průměrných průtoků od května do července. Jak uvádí Hanel a kol. (2011) růst evapotranspirace je na většině území kompenzován růstem úhrnu srážek. Analýza srážek v této práci vykazala na první pohled nejednotné výsledky. Na třech stanicích byl prokázán rostoucí sezónní či roční trend v úhrnu srážek, ve čtvrté analyzované datové řadě byl prokázán pokles úhrnu srážek v únoru a březnu. Klesající trend v dubnu sice nebyl statisticky prokázán, jeho hodnota významnosti je ale také vcelku nízká („p-hodnota“ = 0,055). Sezónní rostoucí trend ve stanicích Žatec a Pastuchovice byl prokázán v červenci. Sezónní klesající trend ve stanici Kounov byl prokázán v únoru a březnu. Střešík a kol. (2014) uvádí, že nejvíce srážkové úhrny rostou v létě, na jaře naopak klesají. Tento fakt může být tedy vysvětlením rozdílných trendů v sezónních úhrnech srážek.

Skutečnost, že i přes rostoucí úhrn srážek na většině stanic klesají celkové průtoky, může znamenat to, že nárůst množství srážek nestačí kompenzovat nárůst teplot, nebo má snižování průtoků ještě další příčinu. Jak již bylo zmíněno, výrazný vliv na odtok může mít změna charakteru využití půdy v povodí a úpravy s tím spojené. V rámci zintenzivňování zemědělství v 60. až 80. letech 20. století došlo v povodí Blšanky ke scelování pozemků, napřimování a opevňování koryt a k výstavbě plošné hloubkové drenáže. Tyto úpravy vedly k výraznému zrychlení povrchového i podpovrchového odtoku a stejně jako zhutnění půdy, způsobené obděláváním těžkou zemědělskou technikou, přispěly ke snížení retenční schopnosti půdy a poklesu podzemních vod. Všechny tyto faktory zvyšují citlivost povodí vůči suchu, a to především v letních měsících (Kašpárek, Mrkvičková 2008). Snižování

průtoků v letních měsících může být rovněž značně ovlivněno odběrem vody z toku pro potřeby závlah. Se zvyšujícími se teplotami a změnami v intenzitě srážek roste totiž potřeba závlah pro zachování současných výnosů. Tento rostoucí trend potřeby vody částečně kompenzuje nahrazování plodin náročných na vodu plodinami méně náročnými. Jak ale vyplývá z popisu změn land cover mezi lety 1995, 2004 a 2013, nahrazování plodin se zpomaluje či dokonce stagnuje.

Na vývoji kvality povrchových vod v povodí Blšanky se odráží především skutečnost, že povodí leží v zemědělsky intenzivně využívané krajině. Nevyskytují se zde větší sídla ani průmyslová centra. Zemědělství, především rostlinná výroba, je zde tedy hlavním faktorem ovlivňující kvalitu povrchových vod.

Z analýzy vývoje vybraných ukazatelů znečištění vody vyplývá, že od poloviny 70. let 20. stol. až do konce 80. let, docházelo k postupnému zvyšování znečištění Blšanky. Právě na konci 80. let bylo dosaženo největšího znečištění. Od 90. let docházelo u většiny ukazatelů kvality vody k poklesu průměrných hodnot. Tento dlouhodobě klesající trend byl zakončen stagnací hodnot či jejich zvyšováním v posledních letech měření.

Znečištění Blšanky tedy dosáhlo nejvyšších hodnot v 80. letech 20. stol. Příčinou byla nepřítomnost opatření na ochranu vod omezujících znečišťování toků látkami pocházejícími ze stále se zintenzivňující zemědělské produkce. Vliv na zvýšení znečištění mohla mít také výstavba hloubkového drenážního systému. Tyto drenáže odvádějí srážkovou vodu s rozpuštěnými hnojivy přímo do povrchových vod. Dochází tak k podstatnému urychlení procesu odnosu látek, zejména z půdy, do vodních toků, a snížení možnosti pozitivního vlivu přírodních procesů absorpce a samočištění (Langhammer 2002). Útlum, který následoval v 90. letech, byl spojen spíše s útlumem produkce než s aplikací ochranných opatření v povodí (Kliment, Langhammer, Jurčák 2003). Stagnace a mírný nárůst hodnot znečištění v posledních letech souhlasí s tvrzením v Langhammer (2013), že kvalita drobných toků dlouhodobě stagnuje a v některých oblastech dokonce dochází k jejímu zhoršení. Příčinou stagnace hodnot může být fakt, že malé obce i zemědělci díky nedostatku financí neinvestují do čištění odpadních vod a nadále již tedy nedochází k snižování znečištění pocházejících z bodových zdrojů (viz např. vývoj ukazatele BSK₅). Částečný vliv na zvyšování znečištění v posledních letech by také mohlo mít prokázané snižování průtoků Blšanky, neboť při snížení průtoku dochází ke zvýšení koncentrace kontaminantů (např. amoniakální dusík).

7. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zhodnotit vývoj trendů v odtoku a v kvalitě vody v povodí řeky Blšanky. Pomocí Mann–Kendallova testu se podařilo prokázat, že dochází ke snižování průměrných měsíčních průtoků v letních měsících. Na odtokových změnách v tomto povodí se podílejí jak přírodní, tak antropogenní faktory. Příčinou klesajícího trendu je pravděpodobně probíhající klimatická změna (především zvyšování průměrných měsíčních teplot) a úpravy spojené se zemědělským využitím půdy. Klimatická změna má také negativní vliv na kvalitu vody. Z vývoje vybraných ukazatelů kvality vody je patrné, že v současné době dochází k stagnaci či dokonce ke zvyšování jejich hodnot. Zvyšující se intenzita srážek zapříčiňuje větší smyv znečišťujících látek z plochy povodí. Kontaminační látky se tak dostávají rychleji do toků. Díky snižujícím se průtokům ale nedochází k dostatečnému naředění takto znečištěných vod a hodnoty koncentrací se zvyšují. Další negativní vliv na čistotu vody v povodí Blšanky mají také stále chybějící čistírny odpadních vod u obcí s menším počtem obyvatel a znečištění pocházející ze zemědělské produkce. V posledních letech sice došlo k výrazné proměně struktury využití půdy na území povodí Blšanky, ještě stále je zde však vysoký podíl plodin, jejichž produkce negativně ovlivňuje kvalitu vody, ať už potřebou hnojiv a pesticidů, či vysokou náročností na zavlažování a podporou vyšší náchylnosti půdy k erozi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- AHUJA, S. (2013): Comprehensive Water Quality and Purification. Elsevier Press, Oxford, 1536 s.
- BAKER, A. (2003): Land use and water quality. Hydrological processes, 17, s. 2499 - 2501.
- BALATKA, B.; KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, Praha, 79 s.
- BENT, G. C. (2001): Effects of forest-management activities on runoff components and ground-water recharge to Quabbin Reservoir, central Massachusetts. Forest Ecology and Management, 143, s. 115 – 129.
- BRADOVÁ, E. (1996): Změny erozních podmínek v povodí Mlýneckého potoka. (diplomová práce). KFGG, PřF UK, Praha, 50 s.
- BRION, G. (2008): Land-use effects on water quality of a first-order stream in the Ozark Highlands. University of Arkansas. ProQuest. 120 s.
- BROWN, A.E.; ZHANG, L.; MCMAHON, T.A.; WESTERN, A.W.; VERTESSY, R.A. (2005): A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. Journal of Hydrology, 310, s. 28–61.
- BUMERL, M. (2003): Hydrologie. Veselí nad Lužnicí. 56 s.
- CENIA (2005): Životní prostředí v České republice 1989 – 2004, CENIA, česká informační agentura životního prostředí, Praha, 105 s.
- CSONTHÓ, Z. (1995): Změny erozních podmínek vlivem kolektivizace zemědělství v povodí Černockého potoka. (diplomová práce). KFGG, PřF UK, Praha, 80 s.
- ČEKAL, J. (1997): Hydrologické poměry řeky Blšanky (diplomová práce). KFGG, PřF UK, Praha, 110 s.
- ČHMÚ (2007): Atlas podnebí Česka 1961 - 2000. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 254 s.
- DAVIS, N.M.; WEAVER V.; PARKS, K., LYDY, M.J. (2003): An assessment of water quality, physical habitat, and biological integrity of an urban stream in Wichita, Kansas, prior to restoration improvements (phase I). Environmental Contamination and Toxicology, 44, s.351–359.
- DEMEK, J. a kol. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Academia, Brno, 584 s.
- DOMÁCÍ, L. (1975): Plaveniny řeky Blšanky. Ústřední ústav geologický, Praha, 42 s.

- EEA (2007): Climate change and water adaptation issues. Technická zpráva EEA č. 2/2007, Kodaň.
- FÖHRER, N. a kol. (2001): Hydrological response to land use changes on the catchment scale. *Physics and Chemistry of the Earth*, 26, s. 577–582.
- GABRIELOVÁ, Z. (1998): Plaveniny říčky Blšanky (diplomová práce). PřF UK, Praha, 102 s.
- HANEL, M.; KAŠPÁREK, L.; MRKVIČKOVÁ, M. a kol. (2011): Odhad dopadu klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha, 108 s.
- HANZALOVÁ, M.; HORÁK, J.; UNUCKA, J. a kol. (2006): Klasifikace pokryvu území v povodí Bělé pro hodnocení srážko-odtokových poměrů. Sborník konference „Geoinformatika ve veřejné správě“ 7. – 9. 6. 2006, Brno.
- HUANG, M.B., ZHANG, L. (2004): Hydrological responses to conservation practices in a catchment of the Loess Plateau, China. *Hydrological Processes*, 18, s. 1885–1898.
- JENÍČEK, M. (2009): Modelování průběhu extrémních povodní v kontextu krajinných změn a integrované protipovodňové ochrany (disertační práce). PřF UK, Praha, 128 s.
- JONES, P.G.; HEATHWAITE, A.L. (1997): Modelling the impact of land use change on water quality in agricultural catchments. *Hydrological Processes*, 11, s. 269 – 286.
- KADLEC, J. (2007): Modelování erozních procesů v povodí Blšanky (diplomová práce). PřF UK, Praha, 93 s.
- KADLEC, Z. (2012): Analýza území a možnosti renaturace povodí Blšanky (diplomová práce). Česká zemědělská univerzita v Praze.
- KAIGLOVÁ, J. (2010): Analýza a modelování změn kvality vody v povodí Olšavy (diplomová práce). PřF UK, Praha, 125 s.
- KAŠPÁREK, L.; MRKVIČKOVÁ, M. (2008): Studie potřeb vody pro povodí vodních toků Blšanka a Liboc. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha, 132 s.
- KLIMENT, Z. (1997): Změny erozních podmínek v území způsobené socialistickým zemědělstvím (na příkladu povodí Blšanky). Závěrečná zpráva grantu GAUK č. 121/94. PřF UK Praha, 70 s.
- KLIMENT, Z.; LANGHAMMER, J.; JURČÁK, P. (2003): Dynamika plošného odnosu látek z povodí v geograficky odlišných podmínkách ČR (na příkladu povodí Blšanky, Loučky, Lužské Nisy a Olšavy). Závěrečná zpráva grantu. PřF UK, Praha, 98 s.
- KLIMENT, Z.; KADLEC, J.; LANGHAMMER, J. (2008): Evaluation of suspended load changes using AnnAGNPS and SWAT semi-empirical erosion models, *Catena*, 73, s. 286 – 299.

- KŘÍŽ, H. (1983): Hydrologie podzemních vod. Academia, Praha, s. 289.
- LANGHAMMER, J. (2002): Kvalita povrchových vod a jejich ochrana. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 225 s.
- LANGHAMMER, J. (2006): Kvalita povrchových vod. [online prezentace]. PřF UK, Praha, [cit. 2014-05-12]. Dostupný z URL: <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=bmF0dXIuY3VuaS5jenx3cXxneDo3MzE3MDg3OWEzY2UyYzgw>>.
- LANGHAMMER, J. (ed.) (2007): Změny v krajině a povodňové riziko: Antropogenní změny v krajině a povodňové riziko. Praha, PřF UK, 2007.
- LANGHAMMER, J. (2013): Znečištění povrchových vod v ČR [online]. 2013 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <<http://iforum.cuni.cz/IFORUM-1130-version1.pdf>>.
- LANGHAMMER, J.; VAJSKEBR, V. (2003): Historical Shortening of River Network in the Otava River Basin. *Acta Universitatis Carolinae - Geographica*, 38, s. 109-124.
- LANGHAMMER, J.; KLIMENT, Z. (2009): Water quality changes in selected rural catchments in the Czech Republic. *Ekologia Bratislava*, 28, s. 312–332.
- LEBLANC, R. T.; BROWN, R. D.; FITZGIBBON, J. E. (1997): Modeling the effects of land use change on the water temperature in unregulated urban streams. *Journal of Environmental Management*, 49, s. 445 - 469.
- LELLÁK, J.; KUBÍČEK, F. (1992): Hydrobiologie. Karolinum, Praha, 256 s.
- LIU, D.; CHEN, X.; LIAN, Y.; LOU, Z. (2010): Impacts of climate change and human activities on surface runoff in the Dongjiang River basin of China. *Hydrological Processes*, 24, s. 1487–1495.
- MORAVEC, V. (2013): Vliv sucha na zemědělské výnosy ve vybraném regionu povodí řeky Ohře (bakalářská práce). Česká zemědělská univerzita, Praha, x s.
- PARRY, R. (1998): Agricultural Phosphorus and Water Quality: A U.S. Environmental Protection Agency Perspective. *Journal of Environmental Management*, 27, s. 258 – 261.
- PITTER, P. (1999): Hydrochemie. VŠCHT, Praha, 568 s.
- POVODÍ OHŘE, STÁTNÍ PODNIK (2009). Plán oblasti povodí Ohře a dolního Labe a dolního Labe [online]. Chomutov [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <<http://www.poh.cz/VHP/pop/index.html>>.
- PRÁŠIL, P. (1996): Podmínky pro erozi v povodí Blšanky (diplomová práce). PřF UK, Praha, 68 s.
- RAMANKUTTY, N.; DELIRE, C.; SNYDER, P. (2006): Feedbacks between agriculture and climate: an illustration of the potential unintended consequences of human land use activities. *Global and Planetary Change*, 54, s. 79–93.

- RITTER, F., SHIRMOHAMMADI, A. (2001): Agricultural nonpoint pollution sources. Watershed Management and hydrology, New York-Lewis Publishers. 342 s.
- ROBINSON, M. a kol. (2003): Studies of the impact of forest on peak flows and baseflows: a European perspective. Forest ecology and management, 186, s. 85–97.
- SEVEROČESKÉ VODOVODY A KANALIZACE, a.s. (2012): Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Ústeckého kraje. *Popis vodovodů a kanalizací v obcích*. [online]. [cit. 2014-04-22]. Dostupné z URL: < <http://www.kr-ustecky.cz/vismo/> >.
- SCHULZE, R. E (2000): Hydrological responses to land use and climate change: a Southern African perspective. Ambio, 29, s. 12–22.
- SLIVA, L.; WILLIAMS, D.D. (2001): Buffer Zone versus Whole Catchment Approaches to Studying Land Use Impact on River Water Quality. Water Research, 35, s. 3462 - 3472.
- STRAKOVÁ, E. (1999): Srážkové poměry v povodí Blšanky (diplomová práce). PřF UK, Praha, 126 s.
- STŘEŠTÍK, J. a kol. (2014): Změna ročních a sezonních srážkových úhrnů v České republice v letech 1961 – 2012. Sborník konference „Extrémy oběhu vody v krajině“ 8. – 9.4. 2014, Mikulov.
- SVITÁKOVÁ, M. (1999): Kvalita povrchových vod v povodí Blšanky (diplomová práce). PřF UK, Praha, 101 s.
- ŠÁRA, P. (1997): Vývoj a současný stav hydrografické sítě v povodí Blšanky (diplomová práce). PřF UK, Praha, 68 s.
- TLAPÁK, V.; SÁLEK, J.; LEGÁT, V. (1992): Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha, 320 s.
- TONG, S. T. Y.; CHEN, W. (2002): Modeling the relationship between land use and surface water quality. Journal of Environmental Management, 66, s. 377 – 393.
- WANG, X. (2001): Integrating water-quality management and land-use planning in a watershed context. Journal of Environmental Management, 61, s. 25 – 36.
- WHITEHEAD, P. G.; WILBY, R. L.; BATTARBEE, R. W.; KERNAN, M.; WADEA, A. J. (2009): Review of the potential impacts of climate change on surface water quality. Hydrological Sciences Journal, 54, s. 101 – 123.
- PITTER, P. (1999): Hydrochemie. VŠCHT, Praha, 568 s.
- POVODÍ OHŘE, STÁTNÍ PODNIK (2009). Plán oblasti povodí Ohře a dolního Labe [online]. Chomutov [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <<http://www.poh.cz/VHP/pop/index.html>>.
- PRÁŠIL, P. (1996): Podmínky pro erozi v povodí Blšanky (diplomová práce). PřF UK, Praha, 68 s.

Internetové zdroje:

ArcČR: Arcdata Praha - geografické informační systémy [online]. 2014 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z URL: <<http://www.arcdata.cz/>>.

CENIA: Informační agentura životního prostředí [online]. 2014 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z URL: <<http://www1.cenia.cz/www/>>.

CENIA–ISSaR: Informační systém statistiky a reportingu [online]. 2014 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z URL: <<http://issar.cenia.cz/issar/>>.

ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav [online]. 2014 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z URL: <<http://www.chmi.cz/>>.

ČSÚ: Český statistický úřad [online]. 2014 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z URL: <<http://www.czso.cz/>>.

DIBAVOD: Oddělení geografických informačních systémů a kartografie [online]. 2014 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z URL: <<http://www.dibavod.cz/>>.

GISAT: Gisat [online]. 2014 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z URL: <<http://www.gisat.cz/>>.

IRZ: Integrovaný registr znečištění [online]. 2014 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z URL: <<http://portal.cenia.cz/irz/>>.

VÚMOP: Digitální mapa BPEJ (1:5000) kartografie [online]. 2014 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z URL: <<http://www.vumop.cz/>>.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

OBRÁZKY

Obrázek 1: Geografická poloha a výškové poměry povodí Blšanky

Obrázek 2: Geologické poměry povodí Blšanky

Obrázek 3: Měsíční hodnoty koncentrací BSK₅ a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013

Obrázek 4: Roční aritmetické průměry koncentrací BSK₅ v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013

Obrázek 5: Měsíční hodnoty koncentrací CHSK_{Cr} a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1971 - 2013

Obrázek 6: Měsíční hodnoty koncentrací rozpuštěných látek a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013

Obrázek 7: Měsíční hodnoty koncentrací nerozpuštěných látek a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013

Obrázek 8: Měsíční hodnoty koncentrací amoniakálního dusíku a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013

Obrázek 9: Roční aritmetické průměry koncentrací amoniakálního dusíku v profilu Trnovany mezi lety 1965 - 2013

Obrázek 10: Měsíční hodnoty koncentrací dusičnanového dusíku a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1967 - 2013

Obrázek 11: Měsíční hodnoty koncentrací celkového fosforu a jejich roční aritmetické průměry v profilu Trnovany mezi lety 1970 - 2013

Obrázek 12: Krajinný pokryv povodí Blšanky v letech 1995, 2004 a 2013

TABULKY

Tabulka 1: Ukazatele kvality vody

Tabulka 2: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních průtoků profilu Holedeč (1969 – 2012)

Tabulka 3: Dlouhodobý trend měsíčních srážkových úhrnů ve stanici Žatec (1964 - 2014), Pastuchovice (1961 – 2014), Velká Černoc (1963 - 2014) a Kounov (1961 – 2014)

Tabulka 4: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních teplot ze stanice Žatec (1905 - 2014)

Tabulka 5: Zastoupení typů krajinných pokryvů v části povodí Blšanky (po profil Holedeč) v letech 1995, 2004 a 2013

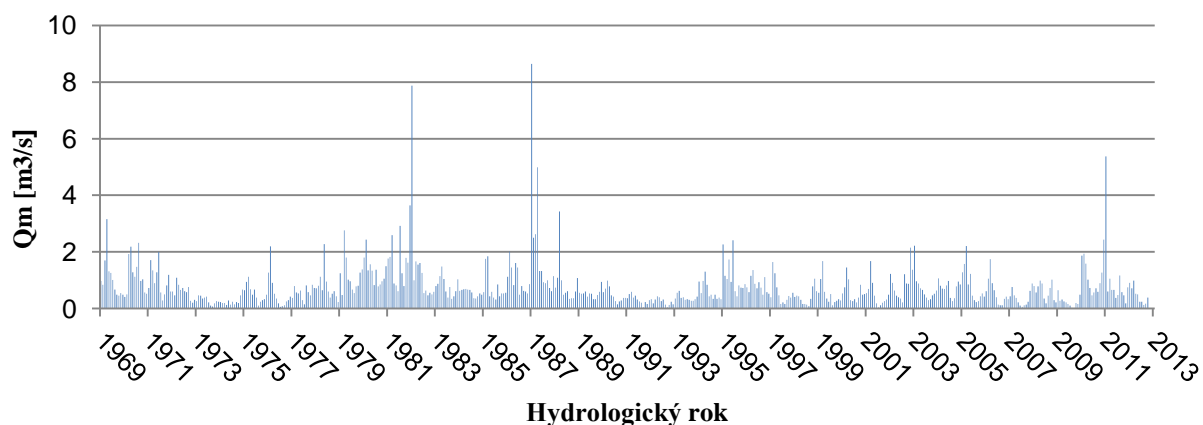
Tabulka 6: Zastoupení typů krajinného pokryvu včetně jednotlivých plodin a jejich změna v části povodí Blšanky (po profil Holedeč) v letech 1995, 2004 a 2013

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Průměrné měsíční průtoky v profilu Holedeč mezi hydrologickými roky 1969 - 2013

Příloha 2: Rozlohy (v m²) jednotlivých plodin a typů krajinného pokryvu v části povodí Blšanky (po profil Holedeč) v letech 1995, 2004 a 2013

PŘÍLOHY



***Příloha 1:** Průměrné měsíční průtoky v profilu Holedeč mezi hydrologickými roky 1969 - 2013 (Zdroj: ČHMÚ)*

***Příloha 2:** Rozlohy (v m^2) jednotlivých plodin a typů krajinného pokryvu v části povodí Blšanky (po profil Holedeč) v letech 1995, 2004 a 2013*

rozlohy [m^2]	1995	2004	2013
brambory	4834	114832	139159
hrách	1512077	178013	384222
chmel	24457125	17083407	14935449
jahody	0	51271	51271
kukuřice	20982402	7035065	5604209
len	195106	514209	0
mák	0	43048	0
oblilí	106762356	109897288	115089834
řepa	10395	88985	67648
řepka	30862846	29602297	38065247
sady	8394956	8173705	8146282
skočec	0	1869179	532195
slunečnice	0	2097346	956180
úhor	0	201258	158372
vojtěška	16534145	15092393	9095102
zelenina	13591	13591	13591
lesy	118204346	118268481	118311514
louky a pastviny	32105610	49365789	48148283
vodní plochy	1164690	1331904	1331904
lomy	493476	577308	577308
zastavěné území	12348190	12446775	12438377

Zdroj dat: KFGG PřF UK